GRAĐEVINAR

6 ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA SR HRVATSKE
GODINA XVII LIPANJ 1965



RADOVI U RIJEČKOJ LUCI

GRAĐEVNO PODUZEĆE »KONSTRUKTOR«, RIJEKA

9572

»GRAĐEVINAR«

GOD. XVII BROJ 6

SADRŽAJ

SURADNICI!

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIJSKOM ODBORU I UREDNIKU

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

- DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna;
- tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuju unošenje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;
- CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki; svi naknadni ispravci crteža idu na račun autora;
- fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
- popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijetanciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
- jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.

Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, originalne slike se računaju kao tekst.

Molimo autore da prilikom slanja rukopisa naznače potpunu adresu, broj žiro računa i nadležnu općinu

RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Savez građevnih inženjera i tehničara SRH, Zagreb, Berislaviceva ul 6

Glavni urednik: Prof. Dr Ing. Ervin Nonveiller
Tehnički urednik: Ante Nejašmić

Članovi redakcije:

Ing. Mladen Hudetz, In. Valter Janaček, Milan Jančiković, Ing. Ivo Kleiner, Ing. Josip Klepac, Ing. Dragutin Kovačec, Ing. Milan Kružičević, Prof. Dr Ing. Zlatko Kostrenčić, Ing. Ivan Milković, Ing. Viktor Steinman, Prof Ing. Kruno Tonković, Prof. Dr Ing. Oto Werner, Prof. Ing. Mladen Žugaj

Počasni članovi: Prof. Dr Ing. Rajko Kušević i Ing. Franjo Simić

Tek. rač. kod NB 400-181-608-331

Štamparija »VJESNIK« Zagreb

»GRAĐEVINAR«

ČASOPIS SAVEZA GRAĐEVNIH INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

ZAGREB
BERISLAVIČEVA 6
Telefon 38-114
Tekući račun 400-181-608-331

12 BROJEVA GODIŠNJE S AKTUELNIM I INTERESANTNIM SADRŽAJEM

Izlazi svakog mjeseca

Godišnja pretplata iznosi

Za poduzeća i ustanove

Prvi pretplatni primjerak . .	Din	12.000
svaki daljnji primjerak . . .	„	2.500
za ostale pretplatnike . . .	„	900
za đake Građevinske srednje tehničke škole i studente Građevinskog fakulteta . . .	„	400
za inostranstvo	„	4.000
pojedini broj za poduzeća i ustanove	„	250
za ostale	„	80

»GRAĐEVINAR« ima razvijenu oglasnu službu s ovim kategorijama oglasa

1. Oglašivanje privredne djelatnosti
2. Ponuda i potražnja materijala, najam strojeva i inventara, oglasi licitacije
3. Ponuda i potražnja namještenja

PRETPLATITE SE NA GRAĐEVINAR

OGLAŠAVAJTE U GRAĐEVINARU



NOSIVOST 1000 kg.

VISINA DIZANJA DO 49 METARA

»VULKAN« GRADJEVINSKE DIZALICE

KONZOLNA DIZALICA EDKD-0,3/0,5

Univerzalni tip dizalice nosivosti 300 i 500 kg

Jednostavna i solidna izvedba. Vrlo prikladno sredstvo za transport i dizanje

Dizalica se sastoji iz dva osnovna elementa:

— Okretna konzola nosivosti 500 kg OKB-0,5
— Elektro teretno vitlo vučne sile 300 kg ETB-0,3

Postavljanje dizalice je lako i brzo. Montira se na drveni, željezni ili armirano-betonski stup promjera 200 mm sa obujmicama koje omogućuju zaokretanje konzole za 200°

Na posebni zahtjev isporučujemo i konzole sa specijalnim obujmicama za pričvršćenje na četvrtaste stupove i na zidove

Dizalica se isporučuje sa kukom za dizanje tereta do 300 kg i sa koloturnikom i kukom za teret do 500 kg. U slučaju rada sa koloturnikom i kukom, brzina dizanja se smanjuje na polovinu, što omogućava dizanje većeg tereta

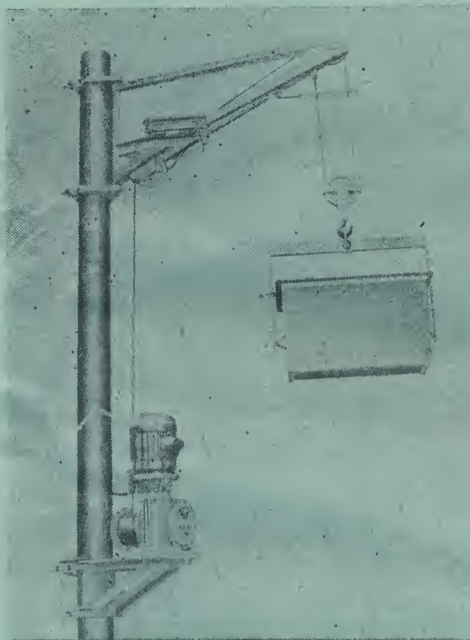
Stalak za elektroteretno vitlo je poseban dio koji omogućava pričvršćenje vitla na okrugli stup promjera 240 mm

Isporučujemo i posebne stalke koji omogućavaju postvaljanje vitla pri zemlji, na taj način se izbjegava prenašanje vitla zajedno sa konzolom na vrh objekta.

Na konzolu je postavljena krajnja sklopka koja automatski isključuje pogon kada kuka dođe u gornji položaj, na taj način izbjegava se mogućnost oštećenja dizalice i postizava sigurnost u radu

Karakteristike

Nosivost pomoću koloturnika sa kukom	500 kg
Brzina dizanja (srednja)	16 m/min
Nosivost pomoću utega sa kukom	300 kg
Brzina dizanja (srednja)	32 m/min
Visina dizanja	20 m



ELEKTRO TERETNO VITLO ETB-0,3

Kao poseban i nezavisan element može se upotrebiti sa konzolom ili bez nje za vučenje tereta, izvlačenje tereta na kosinama, otvaranje teških vrata i zasuna, za jednostavne teretne liftove itd.

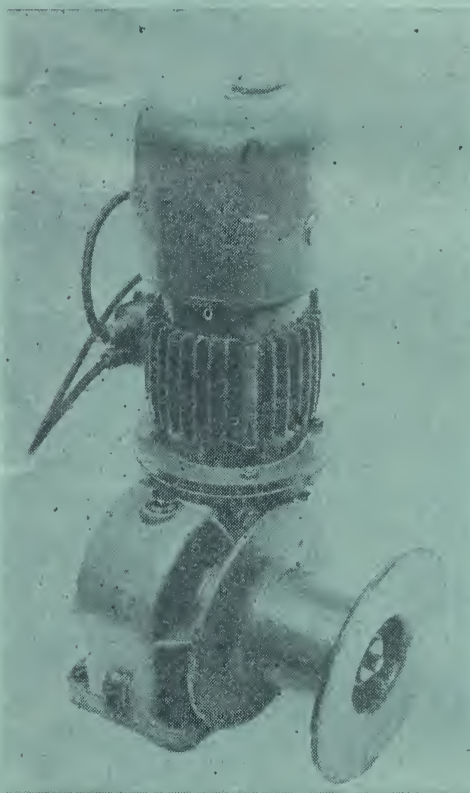
Vitlo je potpuno zatvorene konstrukcije, te je sposobno za rad na otvorenom prostoru

Upravljanje vitlom obavlja se preko dvosmjernog prekidača

Karakteristike

Vučna sila	300 kg
Brzina namatanja užeta (srednja)	32 m/min
Broj okretaja bubnja	57 o/min

Elektro motor »Elektrokovina« — Maribor, tip T 112 SA NŽI, snage 2,2 kW, 1430 o/min, 380 V, 50 Hz, sa ugrađenom elektromagnetskom kočnicom, tip H82B



GRAĐEVINSKI LIFT »BOB«

Jednostavno i efikasno teretno dizalo zbijene i solidne konstrukcije, sigurno u pogonu

Za pogon lifta služi vitlo tipa EBA-3-1, 2/45

Lift se sastoji iz vodilice sa priborom i platforme za dizanje tereta

Vodilice su sastavljene iz sekcija dužine 4 m, što omogućuje laki transport i brzu montažu

Platforma za dizanje sastoji se iz okvira varene konstrukcije sa vodećim kotačima i drvene ploče za smještaj tereta. Korisna površina za teret je 1,5 × 1 m i odgovara prostoru za smještaj japaner kolica. U platformu za dizanje ugrađena je automatska kočnica koja stupa u djelovanje u slučaju prekida užeta i sigurno zaustavlja lift na onoj visini na kojoj se desio prekid; na taj način je cijeli uređaj potpuno siguran u radu

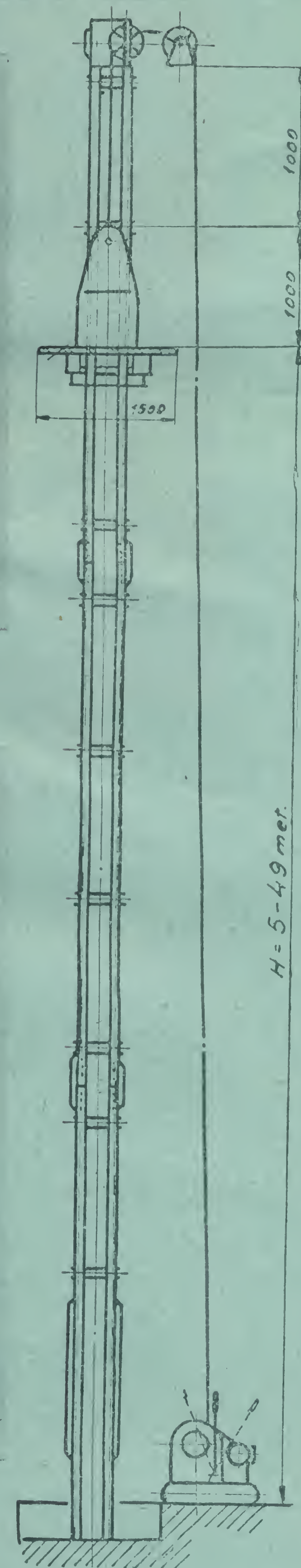
Karakteristike

Nosivost na platformi	1000 kg
Brzina dizanja	45 m/min
Visina dizanja	5—49 m

Elektromotor »Rade Končar«, tip Az 237-4, snage 12,5 KS, 380 V, 50 Hz

Vitlo i elektromotor potpuno su zatvorene konstrukcije, te su sposobni za rad na otvorenom prostoru

Upravljanje vitlom obavlja se jednom polugom, što omogućava jednostavno i lako rukovanje



VULKAN

TVORNICA DIZALICA I LJEVAONICA - RIJEKA

RIJEKA, POLIĆ-KAMOVA 103 - TELEFON 41-455 - TELEX 02-569

GRAĐEVINAR

God. XVII Lipanj 1965. Br. 6

GRANIČNO NAPREZANJE TEMELJNOG TLA PRI VERTIKALNOM I KOSOM OPTEREĆENJU

Dr Ing. Dušan Milović, Beograd

Kratki sadržaj

Pri proračunu graničnog naprezanja temeljnog tla primenom postojećih teorija dobivaju se vrlo često različiti rezultati. Da bi se utvrdila opravdanost primene pojedinih savremenih teorija proračuna sloma tla, uspoređeni su rezultati dobijeni računskim putem s rezultatima opita probnog opterećenja.

Isto tako prikazan je uticaj zakošenosti delujućih sila na veličinu graničnog naprezanja temeljnog tla.

1. Uvod

U teoriji sloma plastičnih materijala Prandtl [1] je pokazao da se faktori N_c i N_q mogu izračunati razmatranjem teoretskog slučaja tla bez težine $\gamma = 0$. U principu, bilo bi moguće proračunati i faktor N_γ razmatranjem specijalnog slučaja nekohezivnog i neopterećenog tla ($C = 0$ i $\gamma h = 0$). Međutim, još nije dokazano da postoji odgovarajuća linija sloma, koja je i statički i kinematički moguća. Usvajanjem približnih linija sloma dobivaju se različite vrednosti za faktor N_γ, a samim tim i vrednosti graničnog naprezanja tla.

U prvom delu su prikazana uspoređenja rezultata dobijenih računskim putem, primenom raznih teorija, sa rezultatima opita probnih opterećenja kvadratnih i pravougaonih temelja. Dimenzije kvadratnih temelja bile su $0{,}70 \times 0{,}70$ m a pravougaonih $0.50 \times 2{,}0$ m.

U drugom delu je prikazan uticaj zakošenosti opterećenja na veličinu graničnog naprezanja i uspoređeno je s centrično i vertikalno opterećenim temeljima.

2. Suvremene teorije proračuna graničnog naprezanja tla pri centričnom i vertikalnom opterećenju

Opći izraz za granično naprezanje temelja, koji leži na koherentnom tlu i ukopan je za dubinu D_f, glasi:

$$q_f = c N_c + \gamma D_f N_q + 0{,}50 \gamma B N_\gamma \qquad (1)$$

pri čemu je:

- c — kohezija
- γ — zapreminska težina tla
- D_f — dubina fundiranja
- B — širina temelja
- N_c, N_q, N_γ — faktori nosivosti koji zavise od ugla unutrašnjeg trenja tla.

Pod pretpostavkom da se površina sloma sastoji od jednog dela koji je u vidu logaritamske spirale i pravog dela koji zaklapa ugao $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ sa horizontalom, Prandtl i Buisman određuju veličine faktora N_c i N_q prema ovim izrazima:

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \phi} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right) \qquad (2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{cotg} \varphi \qquad (3)$$

Prema K. Terzaghiju [2] za slučaj tla bez težina $\gamma = 0$ površina sloma se sastoji iz zakrivljenog dela koji je predstavljen logaritamskom spiralom $r = r_0 e^{\theta \operatorname{tg} \phi}$ i pravog dela koji zaklapa ugao $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ sa horizontalom. Međutim, u slučaju kada je $c = 0$ i $\gamma D_f = 0$ dok je $\gamma > 0$, tačna jednačina krivog dela površine sloma nije još poznata. Stoga Terzaghi sa dovoljno tačnosti daje ove izraze za faktore nosivosti:

$$N_c = \operatorname{cotg} \varphi \left[\frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{2}{\phi}\right) \operatorname{tg} \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)} \right] - 1 \qquad (4)$$

$$N_q = \frac{e^{2\left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \operatorname{tg} \phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)} \qquad (5)$$

Faktori N zavise samo od ugla unutrašnjeg trenja tla, kako se iz jednačine (2—5) može videti. Međutim, Terzaghi uvodi korekcione faktore zavisne od oblika temelja, i to za fatore N_c i N_γ.

Faktori nosivosti prema Terzaghiju za opći slom pri smicanju prikazani su u tablici 1.

Tablica 1 Faktori nosivosti N

φ^0	N_c	N_q	N_γ
10	8,8	3,6	0,4
15	12,8	4,9	1,6
20	17,5	7,5	4,6
25	24,8	12,5	10,0
30	36,0	21,5	20,0
35	58,0	40,0	42,0

Primenom teoreme korespodentnih stanja Caquot i Kérisel [3] određuju veličinu graničnog naprezanja ispod temelja, koji su ukopani za dubinu D_f i leže na koherentnom tlu, pomoću ovog izraza:

$$q_f = \gamma L S_1' + \gamma D_f S_2 S_2' + \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi} (S_2 - 1) \quad (6)$$

pri čemu je:

$$S_2 = e^{\pi \operatorname{tg} \phi} \operatorname{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (7)$$

$$S_1' = \frac{b}{2 \sin \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)} \quad (8)$$

$$S_2' = \frac{e^{\left(\frac{\pi}{4} - \phi \right) \operatorname{tg} \phi}}{\cos \varphi \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)} \quad (9)$$

U tablici 2 prikazani su faktori nosivosti S prema Caquot - Kériselu.

Tablica 2 Faktori nosivosti S

φ^0	S_1'	S_2	S_2'	$S_2 S_2'$
10	1,60	2,47	1,01	2,50
15	2,98	3,94	1,02	4,03
20	5,69	6,40	1,04	6,67
25	11,22	10,66	1,07	11,40
30	22,69	18,40	1,11	20,40
35	49,10	33,30	1,16	38,80

Lenjingradski hidrotehnički zavod primenjuje ovu jednačinu za proračun graničnog naprezanja tla:

$$q_f = \frac{\gamma D_f}{m^4} + \frac{0{,}5 \gamma B (1 - m^4)}{2 m^5} + \frac{2 c (1 + m^2)}{m^3} \quad (10)$$

gde je:

$$m = \operatorname{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Ova jednačina navedena je uz pretpostavku da se ispod temelja formira površina sloma koja se sastoji samo od pravih, za razliku od pretpostavke Terzaghija i drugih autora, koji usvajaju da je jedan deo klizne površine predstavljen krivom linijom.

U tablici 3 prikazane su sračunate vrednosti faktora nosivosti za razne veličine ugla φ.

Tablica 3 Faktori nosivosti

φ^0	$\frac{1 - m^4}{m^5}$	$\frac{1}{m^4}$	$\frac{1 + m^2}{m^3}$
10	1,22	2,02	2,89
15	2,47	2,89	3,51
20	4,53	4,17	4,34
25	7,97	6,05	5,42
30	13,85	9,01	6,93
35	24,30	13,60	9,08

Meyerhof [4] upotrebljava liniju sloma koja je statički ali ne i kinematički moguća, sličnu pretpostavkama Lundgrena i Mortensena [5] i pri proračunu veličine graničnog naprezanja primenjuje opći izraz Terzaghija.

U tablicama 4 i 5 date su veličine faktora nosivosti N u zavisnosti od veličine ugla trenja φ a za ugao $\beta = 0$ i $\beta = 30^0$.

Tablica 4 Faktori nosivosti N za $\beta = 0$

φ^0	N_c	N_q	N_γ
10	9	2,8	0,6
15	12	4	2
20	17	6,8	5
25	22	11,8	11
30	33	20	22
35	49	37	51

Tablica 5 Faktori nosivosti N za $\beta = 30^0$

φ^0	N_c	N_q	N_γ
10	13	3,1	1,0
15	17	5,3	3,6
20	25	9,7	9
25	37	18,5	22
30	58	36	59
35	100	70	150

Brinch Hansen [6], [7], proširuje prvobitnu jednačinu (1) Terzaghija dopunjujući je faktorom oblika, dubine fundiranja i zakošenosti opterećenja. Ovako uopćena jednačina po Brinch Hansenu glasi:

$$q_f = c\left[e^{\pi \operatorname{tg} \phi} \operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)-1\right] \operatorname{cotg} \varphi \times \left[1+\frac{0{,}35}{\frac{B}{D_f}+\frac{0{,}60}{1+7 \operatorname{tg}^4 \varphi}}\right] \times$$

$$\times\left[1+(0{,}20+\operatorname{tg}^6 \varphi)\frac{B}{A}\right] \times \left\{\frac{1+\sin\varphi \sin(2\alpha-\varphi)}{1+\sin\varphi} \times e^{-(0.5\pi+\phi-2\alpha)\operatorname{tg}\varphi} -\right.$$

$$\left.-\frac{1-\left[\frac{1+\sin\varphi\sin(2\alpha-\varphi)}{1+\sin\varphi}\times e^{-(0.5\pi+\phi-2\alpha)}\right]}{e^{\pi \operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)-1}\right\} +$$

$$+\gamma D_f e^{\pi \operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\times\left[\left(1+\frac{0{,}35}{\frac{B}{D_f}+\frac{0{,}60}{1+7\operatorname{tg}^4\varphi}}\right)-\frac{1+\frac{0{,}35}{\frac{B}{D_f}+\frac{0{,}60}{1+7\operatorname{tg}^4\varphi}}-1}{e^{\pi\operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)}\right]\times$$

$$\times\left\{1+(0{,}20+\operatorname{tg}^6\varphi)\frac{B}{A}-\frac{\left[1+(0{,}20+\operatorname{tg}^6\varphi)\frac{B}{A}\right]-1}{\left[e^{\pi\operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)-1\right]\operatorname{cotg}\varphi}\right\}\times$$

$$\times\left[\frac{1+\sin\varphi\sin(2\alpha-\varphi)}{1+\sin\varphi}\times e^{-(0{,}5\pi+\phi-2\alpha)\operatorname{tg}\varphi}\right]+$$

$$+0{,}5\gamma B\times 1{,}80\left[e^{\pi\operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}-\frac{\varphi}{2}\right)-1\right]\operatorname{tg}\varphi\left[1-\frac{1}{2}(0{,}20+\operatorname{tg}^6\varphi)\frac{B}{A}\right]\times 1{,}0\times$$

$$\times\left[\frac{1+\sin\varphi\sin(2\alpha-\varphi)}{1+\sin\varphi}\times e^{-(0{,}5\pi+\phi-2\alpha)\operatorname{tg}\varphi}\right]^2 \qquad (11)$$

Pri čemu je:

$$\left[e^{\pi\operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)\right]\operatorname{cotg}\varphi = N_c \qquad (12)$$

$$e^{\pi\operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right) = N_q \qquad (13)$$

$$1{,}80\times\left[e^{\pi\operatorname{tg}\phi}\operatorname{tg}^2\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\varphi}{2}\right)-1\right]\operatorname{tg}\varphi =$$

$$= 1{,}80\, N_c \operatorname{tg}^2\varphi = N_\gamma \qquad (14)$$

Uvodeći odgovarajuće zamene dobiva se znatno jednostavniji oblik:

$$q_f = c\,N_c\,s_c\,d_c\,i_c + \gamma D_f N_q s_q d_q i_q +$$

$$+ 0{,}50\,\gamma B N_\gamma\, s_\gamma\, d_\gamma\, i_\gamma \qquad (15)$$

gde je:

$$1+\frac{0{,}35}{\frac{B}{D_f}+\frac{0{,}60}{1+7\operatorname{tg}^4\varphi}} \simeq d_c \qquad (16)$$

$$d_c - \frac{d_c-1}{N_q} = d_q \qquad (17)$$

$$1+(0{,}20+\operatorname{tg}^6\varphi)\frac{B}{A} \simeq s_c \qquad (18)$$

$$s_c - \frac{s_c-1}{N_q} = s_q \qquad (19)$$

$$1-\frac{1}{2}(0{,}20+\operatorname{tg}^6\varphi)\frac{B}{A} \simeq s_\gamma \qquad (20)$$

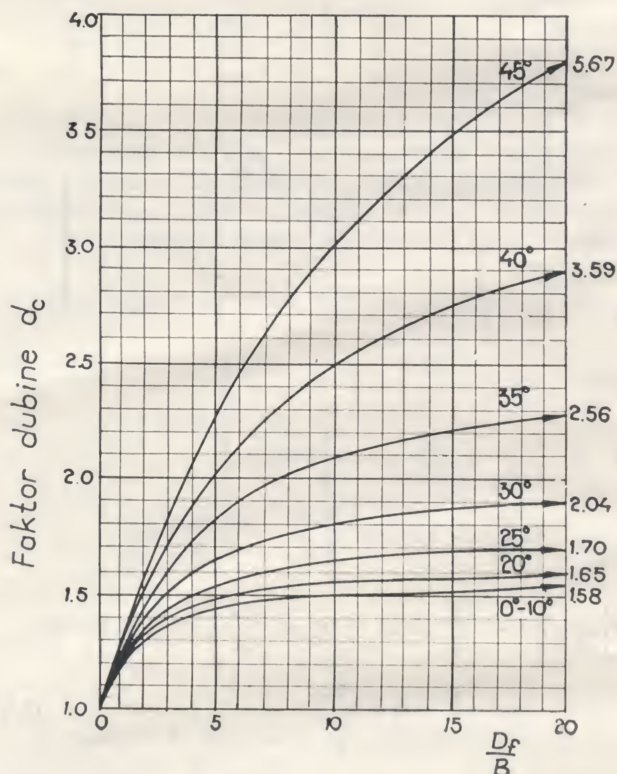
U tablici 6 prikazane su veličine faktora nosivosti N u zavisnosti od ugla unutrašnjeg trenja φ.

Tablica 6 — Faktori nosivosti N

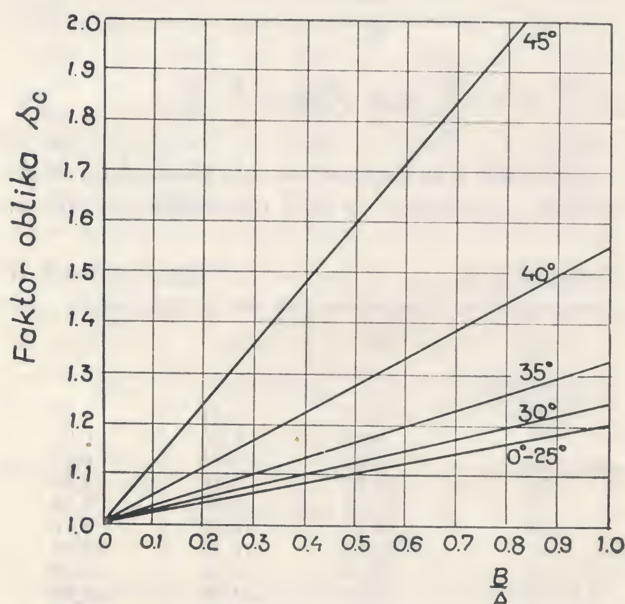
φ^0	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1,00	0,00
5	6,49	1,57	0,09
10	8,34	2,47	0,47
15	10,98	3,94	1,42
20	14,83	6,40	3,54
25	20,72	10,66	8,11
30	30,10	18,40	18,08
35	46,10	33,30	40,70
40	75,30	64,20	95,40
45	133,90	134,90	241,00

Prema jednačini (16) sračunate su veličine faktora d_c za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ.

Na sl. 1 prikazane su krive zavisnosti faktora d_c od odnosa $\frac{D_f}{B}$.



Sl. 1: Faktor dubine d_c za razne uglove unutrašnjeg trenja φ



Sl. 2: Faktor oblika s_c za razne uglove unutrašnjeg trenja φ

Kada je određena vrednost faktora d_c, veličine faktora d_q se mogu proračunati pomoću jednačine (17).

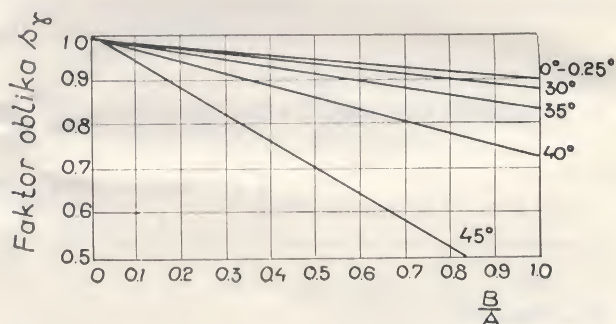
Za uglove $\varphi \geqslant 25^0$ sa dovoljno tačnosti se može usvojiti da je $d_q \cong d_c$.

Teoretski proračun faktora oblika temelja je krajnje težak. Na osnovu iskustva i modelskih ispitivanja Brinch Hansen preporučuje jednačinu (18).

Na sl. 2 prikazane su krive zavisnosti faktora s_c od odnosa $\frac{B}{A}$ za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ.

Veličina faktora s_q se može izračunati pomoću izraza analognog jednačini (17) odnosno prema izrazu (19). Za ugao $\varphi \geqq 25^0$ sa dovoljno tačnosti se može usvojiti da je $s_c \cong s_q$.

Na sl. 3 prikazane su krive zavisnosti faktora s_λ od odnosa $\frac{B}{A}$ za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ. Veličine faktora s_γ sračunate su prema izrazu (20).



Sl. 3: Faktor oblika s_γ sa razne uglove unutrašnjeg trenja φ

U slučaju vertikalnog centričnog naprezanja, članove u jednačini (11) koji se odnose na zakošenje opterećenja treba izjednačiti sa jedinicom, pa se uvođenjem koeficijenta d i s jednačina Brinch Hansena može napisati u ovom jednostavnijem obliku:

$$q_f = c\,N_c\,s_c\,d_c + \gamma\,D_f\,N_q\,s_q\,d_q + 0{,}5\,\gamma\,B\,N_\gamma\,s_\gamma\,d_\gamma \qquad (21)$$

Árpád Balla [8] prikazuje teoretski metod za proračun graničnog naprezanja pri slomu tla, polazeći od pretpostavke da se površina klizanja sastoji od kružnog i pravog dela. Ona seče os simetrije temelja i površinu terena pod uglom koji odgovara zahtevima statike. Osim toga, ovakva površina klizanja je i kinematički moguća. Raspodela napona koji deluju u površini klizanja određena je pomoću Kötterove jednačine.

Granično naprezanje temeljnog tla dato je ovom jednačinom:

$$q_f = c\,N_c + \gamma\,D_f\,N_q + 0{,}5\,\gamma\,B\,N_\gamma \qquad (22)$$

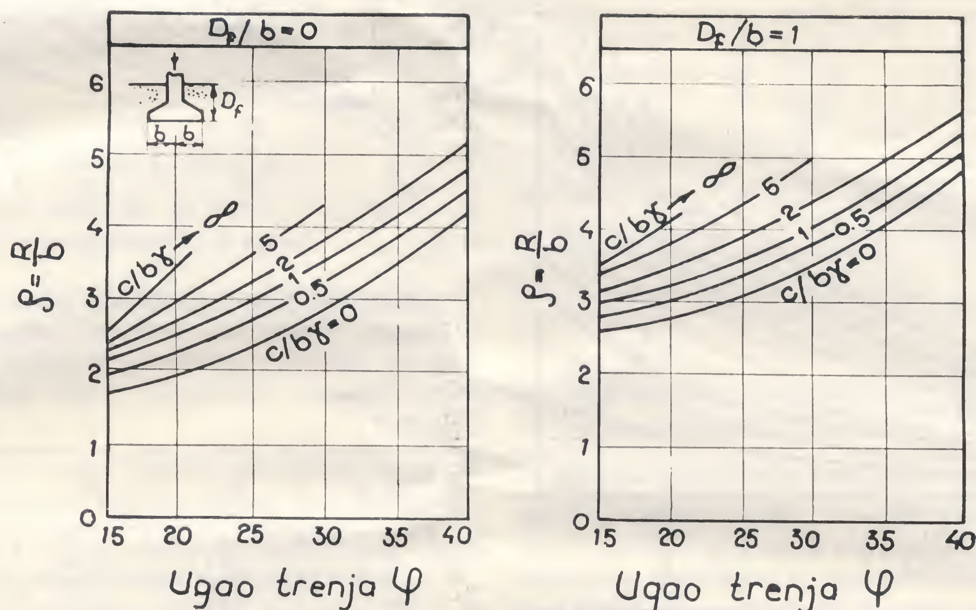
Faktori nosivosti N u gornjoj jednačini funkcije su parametra ϱ, čija veličina zavisi od ugla trenja φ, kohezije c, zapreminske težine, dubine fundiranja i dimenzija temelja.

Na sl. 4 i 5 prikazane su veličine parametra ϱ za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ i razne odnose $\frac{C}{b\,\gamma}$;

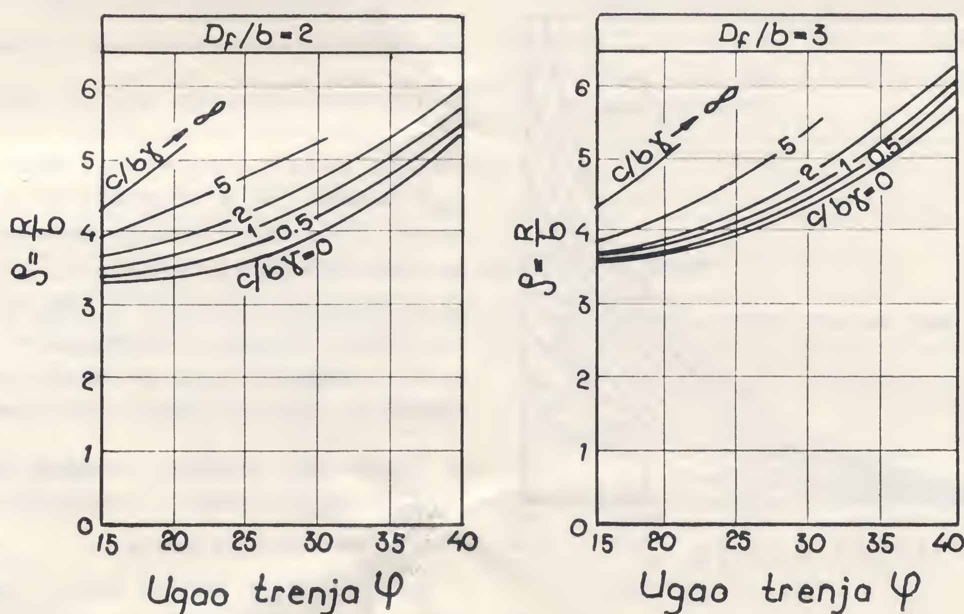
Na sl. 6—9 prikazane su krive zavisnosti faktora nosivosti N od veličine ugla unutrašnjeg trenja φ i parametra ϱ.

V. G. Berezancev [9] pretpostavlja, na osnovu eksperimentalnih padataka, da se ispod temelja formira klin u vidu pravouglog trougla a da se površina sloma sastoji od zakrivljenog dela u vidu logaritamske spirale i od pravog dela koji zatvara ugao $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$ sa horizontalom.

U tablici 7 date su veličine faktora nosivosti za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja.



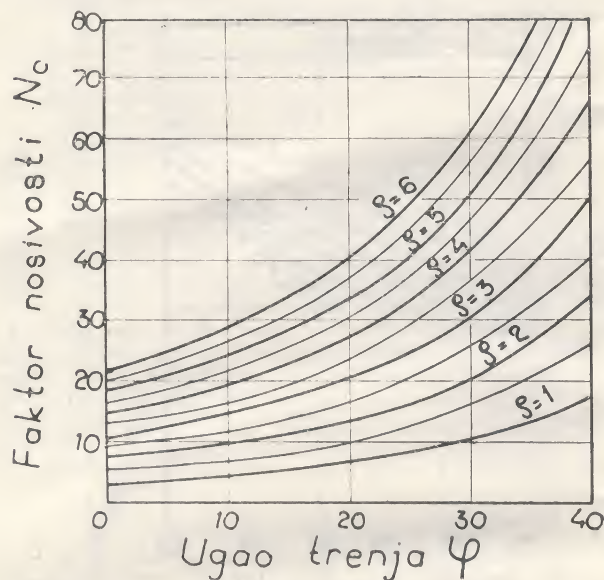
Sl. 4: Veličina parametra ϱ za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ



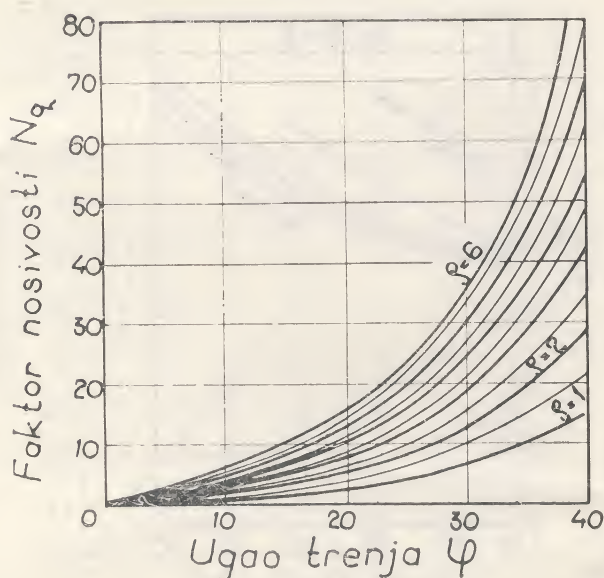
Sl. 5: Veličina parametara ϱ za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ

Tablica 7 Faktori nosivosti N

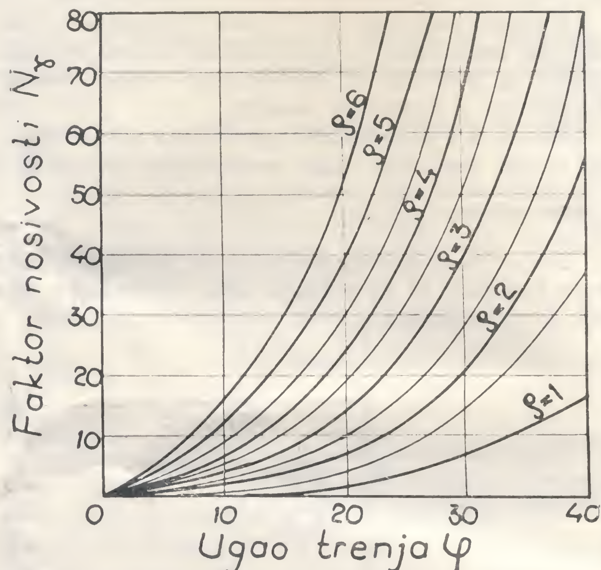
Ugao φ^0	N_c	N_q	N_γ
16	11,7	4,4	3,4
20	15,1	6,5	6,0
25	21,5	11,0	11,7
30	31,5	19,3	21,6
35	51,3	37,0	46,0
40	84,7	72,0	100,2



Sl. 6: Faktor nosivosti Nc za razne vrednosti ugla trenja φ i parametara ϱ



Sl. 7: Faktor nosivosti N_q za razne vrednosti ugla trenja φ i parametara ϱ



Sl. 8: Faktor nosivosti $N\gamma$ za razne vrednosti ugla trenja φ i parametara ϱ

Sokolovski [10], razrađujući rešenja Druckera i Pragera, dolazi do vrednosti faktora nosivosti koje su tabelarno prikazane u tablici 8.

Tablica 8

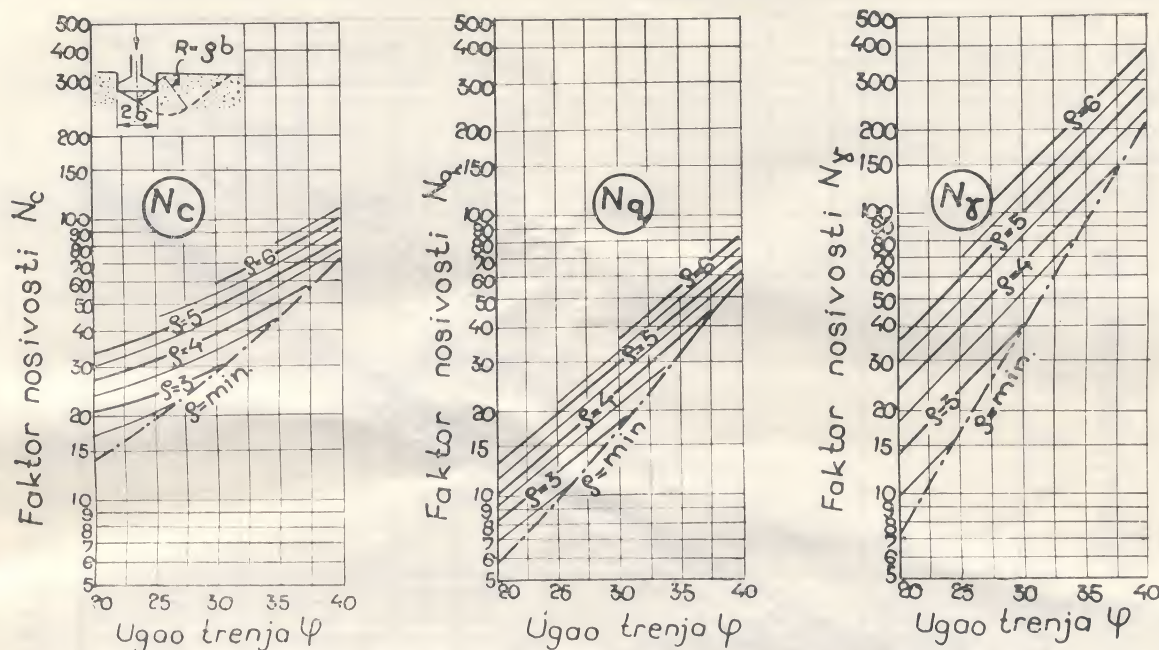
Ugao φ^0	N_c	N_q	N_γ
0	5,14	1,00	0,00
5	6,49	1,57	0,17
10	8,34	2,47	0,56
15	11,00	3,94	1,40
20	14,90	6,40	3,16
25	20,70	10,70	6,92
30	30,20	18,40	15,32
35	46,20	33,30	35,19
40	75,30	64,20	86,46

Na osnovu izloženog može se zaključiti, da se autori spomenutih teorija najviše razlikuju u određivanju faktora nosivosti N_γ. Radi uspoređenja ovih veličina, na sl. 10 prikazane su za trakasti temelj krive koje pokazuju zavisnost faktora N od ugla unutrašnjeg trenja φ.

Iz dijagrama na sl. 10 se vidi, da faktori N_γ po Brinch Hansenu i Sokolovskom imaju najmanje vrednosti, dok se po teoriji Árpád Balla i Meyerhofa dobivaju daleko veće vrednosti.

3. Uspoređenje računskih vrednosti graničnog naprezanja pri slomu s vrednostima dobijenim eksperimentalnim putem

H. Muhs [11], [12] je obavio terenske opite probnog opterećenja do sloma na temeljima pravougaonog poprečnog preseka dimenzija $A \times B =$



Sl. 9: Faktori nosivosti N za razne vrednosti ugla trenja φ i parametara ρ

= 2,0 × 0,5 m kao i kvadratnog preseka strane A = 1,0 m.

Autor je obavio probna opterećenja sa temeljima kvadratnog preseka strane A = 0,70 m.

Na sl. 11—19 prikazani su dijagrami probnog opterećenja, kao i podaci o temelju i tlu.

Proračun graničnog naprezanja sproveden je prema svim spomenutim teorijama s ciljem da se obavi uspoređenje ovako dobijenih vrednosti s veličinama određenim putem probnog opterećenja.

Zbog određivanja parametara čvrstoće na smicanje koherentnog temeljnog tla uzimani su neporemećeni uzorci u obliku kocki dimenzija 30 × 30 cm. Opiti smicanja obavljani su u kutijastim i triaksijalnim aparatima.

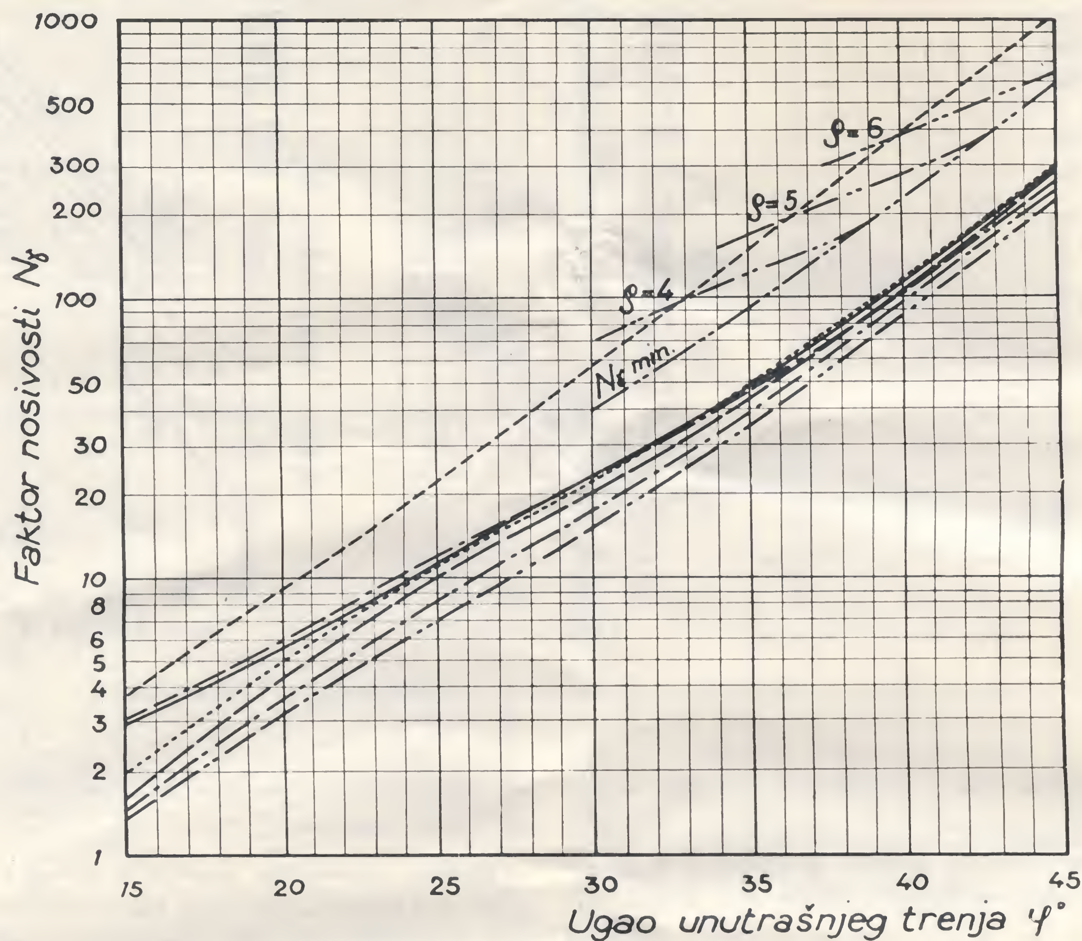
Probna opterećenja obavljanja su sa stepenicama $\triangle \sigma = 0{,}50$ kg/cm² kod koherentnih materijala. Opterećenje se nije povećavalo sve dok nije obavljena konsolidacija pod prethodnom stepenicom opterećenja. Mada je iz dijagrama utvrđeno da je konsolidacija bila postignuta, opterećenje se nije povećavalo pre 24 časa.

U tablici 9 prikazane su veličine graničnog naprezanja q_f, određene terenskim opitima probnog opterećenja, a isto tako i određene primenom raznih metoda proračuna.

Tablica 9

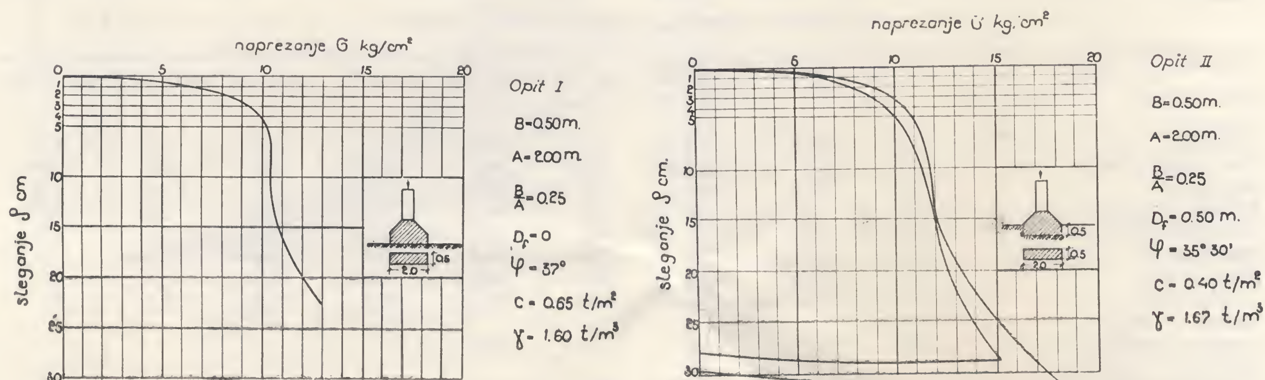
Veličina graničnog naprezanja q_f kg/cm²

Metoda	Opit I	Opit II	Opit III	Opit IV	Opit V	Opit VI	Opit VII	Opit VIII	Opit IX
Terzaghi	7,6	7,8	15,2	8,4	18,6	5,8	2,5	2,9	4,5
Caquot-Kérisel	5,8	7,2	13,7	5,9	14,5	4,1	1,7	2,0	3,0
Meyerhof	6,7	16,8	34,9	17,2	47,0	8,8	2,5	4,1	6,6
Brinch Hansen	6,2	8,8	17,5	8,3	22,5	5,7	2,0	2,5	4,0
Lenjingradski zavod	2,0	2,6	4,3	2,6	5,8	2,7	1,3	1,5	2,2
Berezancev	7,0	8,0	15,2	7,2	18,6	5,2	2,0	2,3	4,0
Sokolovski	6,3	6,8	12,6	6,1	15,4	4,8	1,8	2,1	3,7
Árpád Balla	10,3	14,1	25,2	11,9	32,5	10,2	2,9	4,4	6,7
Muhs — probno opterećenje	10,8	12,0	24,2		33,0				
Milović — probno opterećenje				11,0		5,5	2,2	2,6	4,1



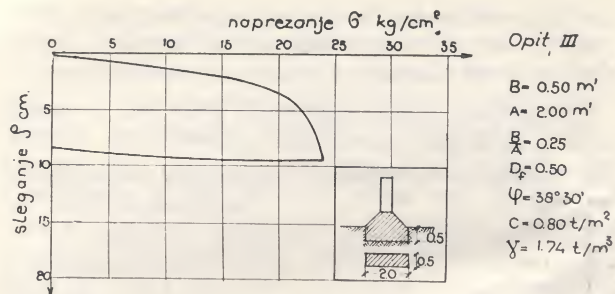
Caquot - Kérisel
Terzaghi
Meyerhof (β = 0)
Meyerhof (β = 30°)
A. Balla
B. Hansen
Berezancev
Sokolovski

Sl. 10: Zavisnosti veličine faktora nosivosti $N\gamma$ od ugla unutrašnjeg trenja φ, prema raznim autorima

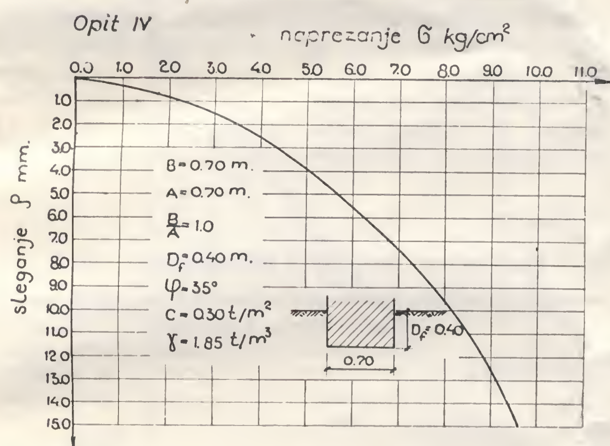


Sl. 11: Dijagram probnog opterećenja tla, opit I

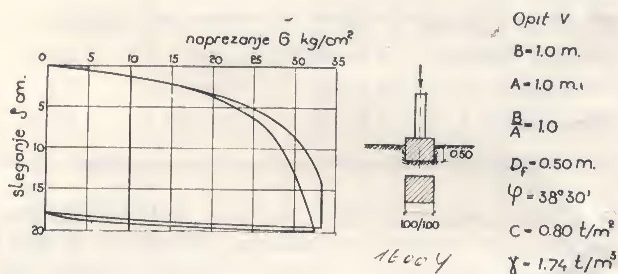
Sl. 12: Dijagram probnog opterećenja tla, opit II



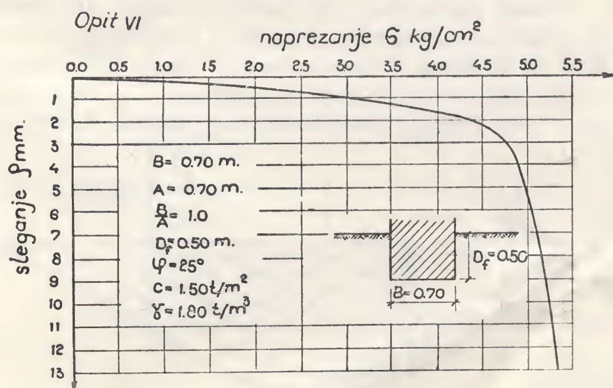
Sl. 13: Dijagram probnog opterećenja tla, opit III



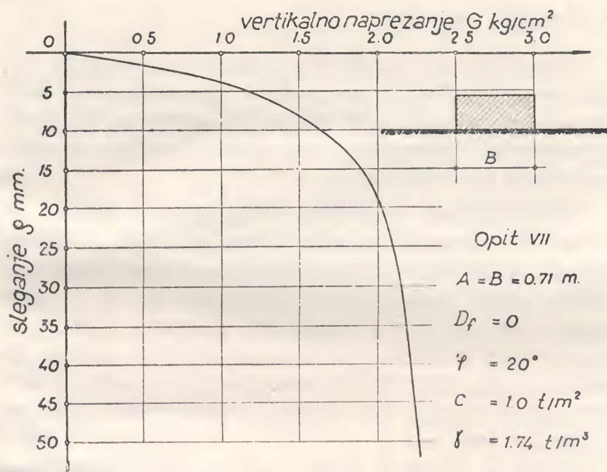
Sl. 14: Dijagram probnog opterećenja tla, opit IV



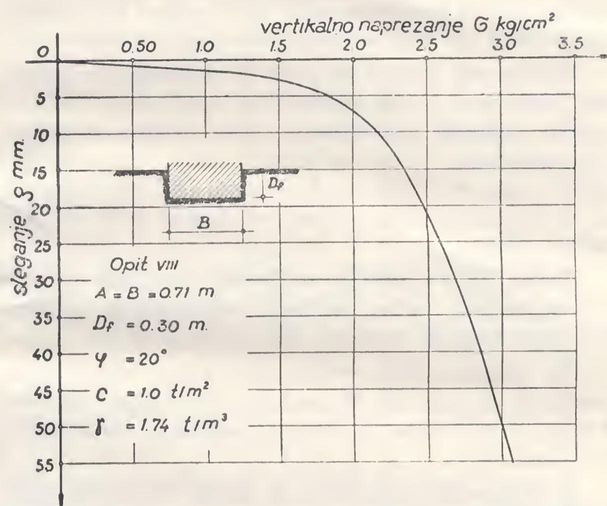
Sl. 15: Dijagram probnog opterećenja tla, opit V



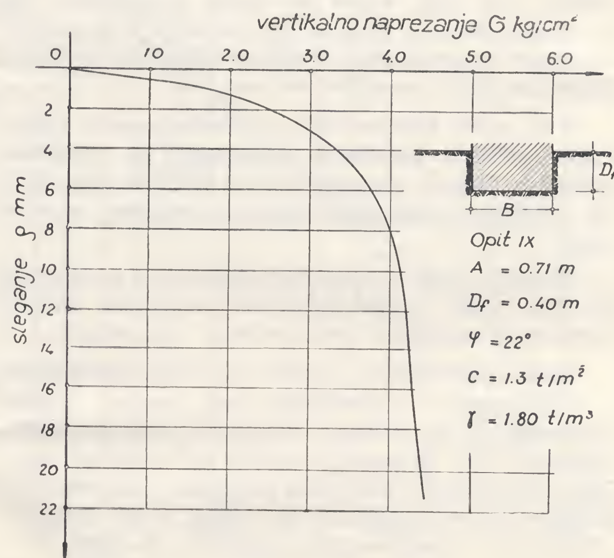
Sl. 16. Dijagram probnog opterećenja tla, opit VI



Sl. 17: Dijagram probnog opterećenja tla, opit VII



Sl. 18: Dijagram probnog opterećenja tla, opit VIII



Sl. 19: Dijagram probnog opterećenja tla, opit IX

4. Analiza rezultata

Uspoređujući veličine graničnog naprezanja tla, dobivene izloženim računskim metodama, s veličinama naprezanja pri slomu tla prilikom probnih opterećenja, primjećuju se znatne razlike između pojedinih metoda.

Posmatrajući rezultate prikazane u tablici 9, zapaža se da se primenom formule Lenjingradskog zavoda dobivaju veličine graničnog naprezanja pri slomu slabo koherentnog tla, koje su 4—5 puta manje od rezultata dobijenih probnim opterećenjem. Kod koherentnih materijala ova razlika je nešto manja, tako da su proračunate vrednosti oko dva puta manje od veličina dobijenih probnim opterećenjem.

Razlog nerealno niskim vrednostima graničnog naprezanja pri slomu, dobijenim primenom jednačine Lenjingradskog zavoda, leži u pretpostavci oblika klizne površine koja se formira pri slomu Ovaj oblik ne zadovoljava kinematičke uslove.

Primenom teorije Meyerhofa dobivaju se rezultati koji skoro uvek premašuju vrednosti dobijene putem probnih opterećenja. Ove razlike se naročito zapažaju i vrlo su znatne kod ukopanih temelja, gde je dubina fundiranja $D_f > 0$, tako da su u ispitanim slučajevima vrednosti veće za približno 50%.

Nešto bolje slaganje vrednosti q_f po Meyerhofu s rezultatima opita probnih opterećenja postoji kod površinskih temelja, gde je $D_f = 0$.

Na osnovu prikazanih usporednih veličina q_f moglo bi se reći da Meyerhof precenjuje doprinos dubine fundiranja veličine graničnog naprezanja pri slomu tla.

Iz dobivenih rezultata se može zaključiti vrlo dobro slaganje između vrednosti graničnog naprezanja q_f određenih po teoriji Árpád Balla i vrednosti dobivenih opitima probnog opterećenja. Međutim, ovo važi samo za slabo koherentna tla. U slučajevima u kojima je tlo bilo koherentno, vrednosti q_f premašuju veličine određene probnim opterećenjima i za 85%.

Kod slabo koherentnih i nekoherentnih materijala, veličine graničnog naprezanja q_f određene metodom Brinch Hansena iznose približno 65—75% od vrednosti dobivenih opitima probnog opterećenja.

Međutim, kod koherentnih materijala postignuta su vrlo dobra slaganja između rezultata Brinch Hansena i rezultata opita probnih opterećenja.

Ostale primenjene metode, za slabo koherentne i nekoherentne materijale, daju znatno manje vrednosti q_f od veličina dobijenih probnim opterećenjem. Po Terzaghiju dobija se približno 60—70% od vrednosti dobijenih probnim opterećenjem, po Berezancevu približno 60—65%, a po Caquot - Kériselu i Sokolovskom približno 50—60%.

Kod koherentnih materijala vrednosti q_f po Terzaghiju nešto su veće od vrednosti iz probnih opterećenja, dok su po Berezancevu nešto manje. Veličine q_f određene po teoriji Sokolovskog još su manje, a po Caquot - Kériselu su najmanje.

Usvajajući faktor sigurnosti F = 2,50, iz podataka o probnom opterećenju određene su veličine dozvoljenog naprezanja tla u odnosu na granično naprezanje pri slomu tla. Da bi se dobile ove vrednosti dozvoljenog naprezanja pomoću razmatranih računskih metoda, potrebno je primeniti izvesne faktore sigurnosti koji će, kako će se iz daljeg izlaganja videti, biti manji ili veći od faktora F = 2,50.

U tablici 10 prikazane su, za razne metode proračuna, veličine potrebnih faktora sigurnosti, da bi se dobile vrednosti dozvoljenih naprezanja koje su određene iz probnih opterećenja s faktorom F = 2,50. Ove vrednosti su date za slabo koherentna ili nekoherentna tla ($\varphi > 30^0$) kao i za koherentna tla ($\varphi < 30^0$).

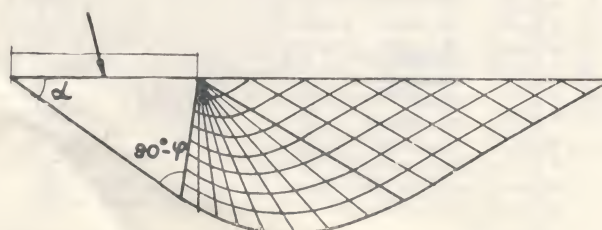
Tablica 10

Koeficijent sigurnosti protiv sloma tla F

Metoda	Faktor sigur. koji odgovara primenjenoj metodi		Faktor sigur. za probna opterećenja
	Nekoherentan	Koherentan	
Lenjingradski zavod		1,2—1,4	2,5
Meyerhof	3,5—4,0	4,4	2,5
Á. Balla	2,5	4,0—4,5	2,5
Brinch Hansen	1,8—2,0	2,5	2,5
Terzaghi	1,5—2,0	2,5—3,0	2,5
Berezancev	1,5—1,7	2,3—2,5	2,5

Odstupanja veličina faktora sigurnosti, koji odgovaraju raznim metodama, od faktora F = 2,5 pokazuju istovremeno stepen slaganja između veličina graničnog naprezanja pri slomu dobivenih računskim putem s veličinama dobivenim putem probnih opterećenja.

Prema podacima prikazanim u tablici 10, može se uočiti da najtačnije podatke u odnosu na rezultate iz probnog opterećenja za koherentne materijale daje metoda Brinch Hansena, a za nekoherentne i slabo koherentne — metode Á. Balla.



Sl. 20: Linija sloma za koso opterećenje

Za slučajeve gde je dubina fundiranja $D_f > 0$, metoda Meyerhofa za koherentne i nekoherentne materijale daje previsoke vrednosti. Metode Terzaghija i Berezanceva takođe dobro i realno daju veličine dozvoljenog naprezanja za koherentna tla.

5. Granično naprezanje temeljnog tla pri centričnom naprezanju

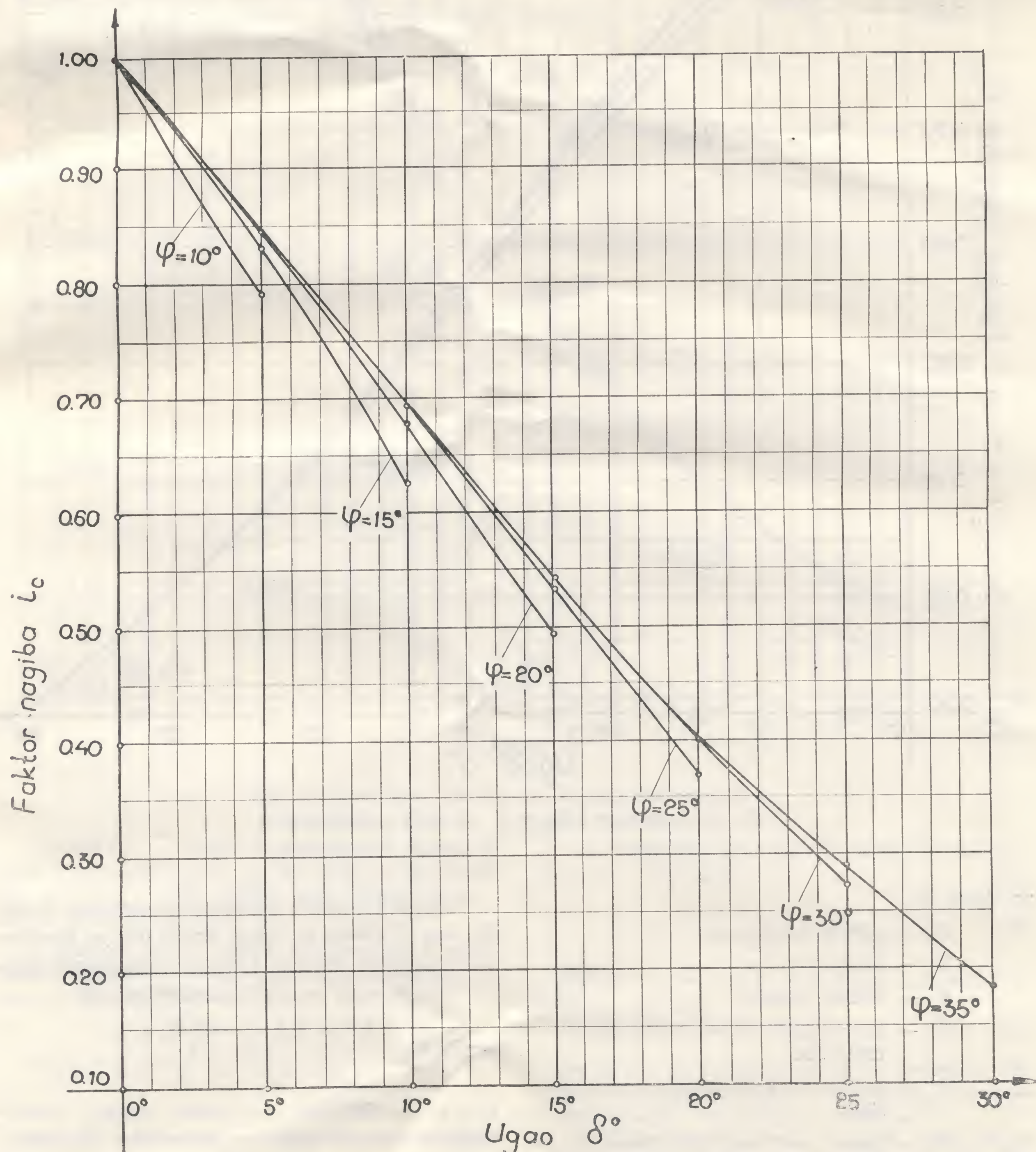
Za proračun graničnog naprezanja tla pri kosom opterećenju Brinch Hansen [13] je na Četvrtom internacionalnom kongresu za mehaniku tla u Londonu preporučio ovu jednačinu:

$$q_f = c\,N_c \left(1 + 0{,}2\,\frac{D_f}{B}\right)\left(1 + 0{,}2\cdot\frac{B}{A}\right)\times$$

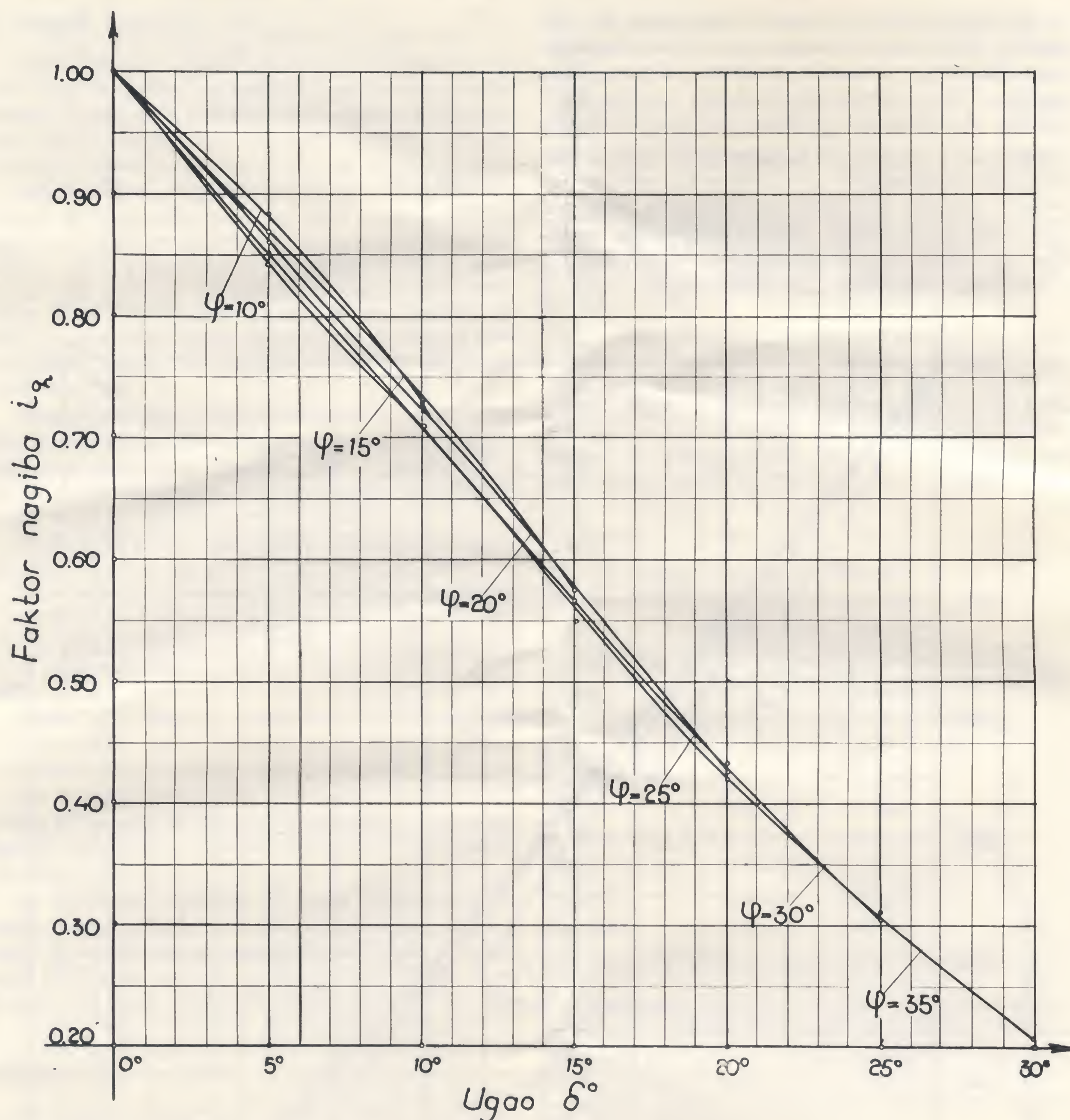
$$\times\left(1 - 1{,}30\,\frac{H}{V}\right) + \gamma\,D_f\,N_q\left(1 + 0{,}1\,\frac{D_f}{B}\right)\times$$

$$\times\left(1 + 0{,}2\,\frac{B}{A}\right)\left(1 - 1{,}50\,\frac{H}{V}\right) + 0{,}5\,\gamma\,B\,N_\gamma$$

$$\left(1 - 0{,}3\,\frac{B}{A}\right)\left(1 - 1{,}50\,\frac{H}{V}\right)^2 \qquad (23)$$



Sl. 21: Zavisnost faktora ic od ugla zakošenosti δ



Sl. 22: Zavisnost faktora i_q od ugla zakošenosti δ

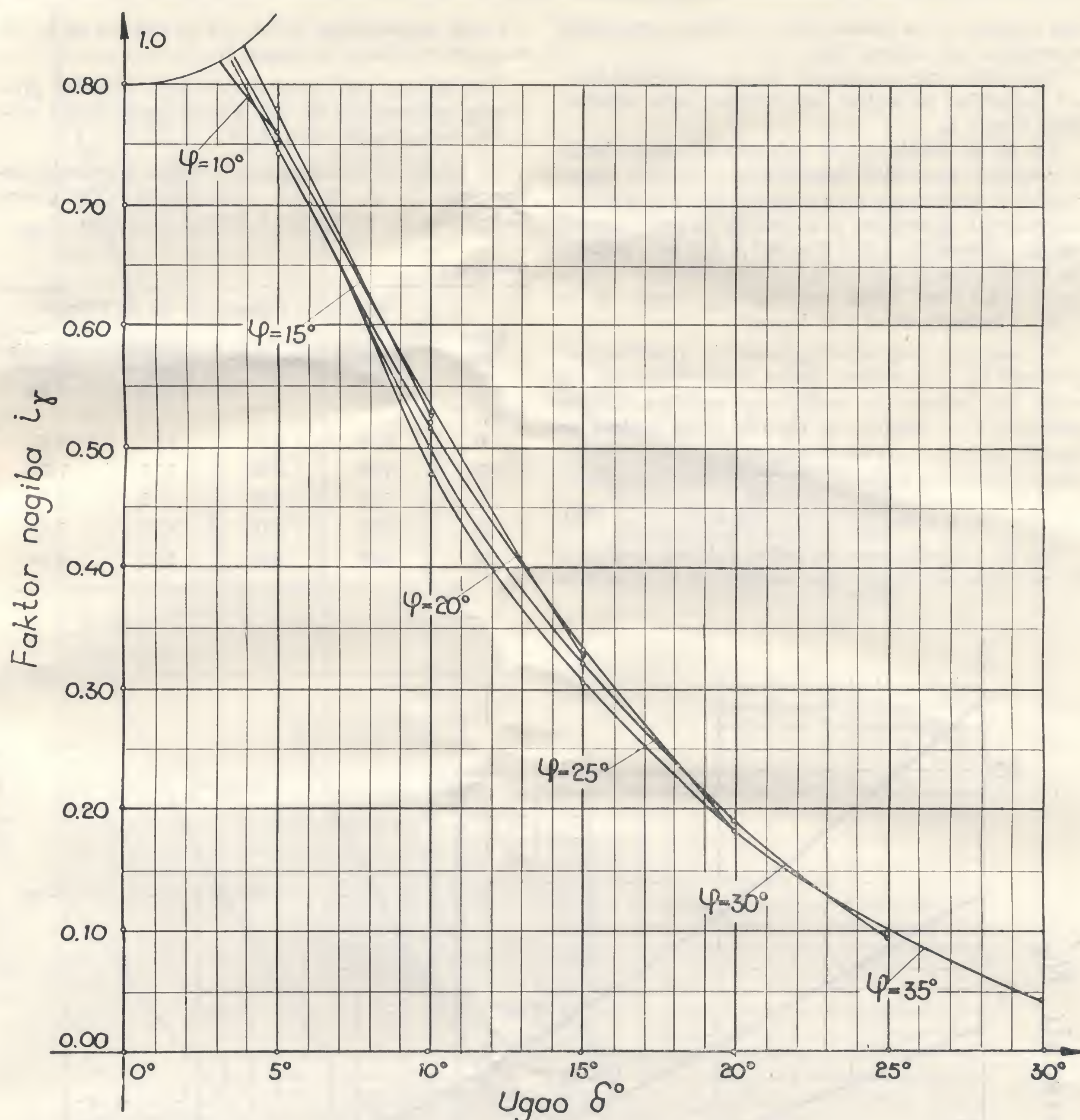
pri čemu je:

- D_f — dubina fundiranja
- B — širina temelja
- A — dužina temelja
- H — horizontalna komponenta rezultante sila
- V — vertikalna komponenta rezultante sila
- N_c, N_q, N_γ — faktori nosivosti koji zavise od ugla unutrašnjeg trenja φ.

Daljom razradom spomenutog problema Brinch Hansen [7] dolazi do općeg izraza (21) za granično naprezanje tla, uvodeći i faktore zakošenosti opterećenja, tako da se dobija jednačina (15):

$$q_f = c\,N_c\,s_c\,d_c\,i_c + \gamma\,D_f\,N_q\,s_q\,d_q\,i_q + $$
$$+ 0{,}5\,\gamma\,B\,N_\gamma\,s_\gamma\,d_\gamma\,i_\gamma\,,$$

gde su koeficijenti »d« faktori dubine, koeficijenti »s« faktori oblika a koeficijenti »i« faktori zakošenosti opterećenja.



Sl. 23: Zavisnost faktora i_γ od ugla zakošenosti δ

Faktori i_c i i_q mogu se proračunati razmatranjem teoretskog slučaja tla bez težine i bez kohezije ($\gamma = 0$ i $c = 0$). Tačan oblik sloma za ovaj slučaj prikazan je na sl. 20.

S obzirom da je odnos horizontalne i vertikalne komponente predstavljen tangensom ugla δ, ugao α se može odrediti iz ove jednačine:

$$\operatorname{tg}\left(\alpha - \frac{\varphi}{2}\right) = \frac{\sqrt{1 - (\operatorname{tg}\delta \operatorname{cotg}\varphi)^2} - \operatorname{tg}\delta}{1 + \dfrac{\operatorname{tg}\delta}{\sin\varphi}} \qquad (24)$$

Faktori zakošenosti se sada mogu odrediti iz jednačine:

$$i_q = \frac{1 + \sin\varphi \sin(2\alpha - \varphi)}{1 + \sin\varphi}\, e^{-(0{,}5u + \varphi - 2\alpha)\operatorname{tg}\varphi} \qquad (25)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \operatorname{tg}\varphi} = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \qquad (26)$$

Faktor i_γ se može proračunati pomoću ove približne formule:

$$i_\gamma \simeq i_q^2 \qquad (27)$$

Na sl. 21—23 prikazane su krive zavisnosti faktora »i« od ugla zakošenosti opterećenja za razne vrednosti ugla unutrašnjeg trenja φ.

Iz prikazanih dijagrama se može uočiti, da se s povećanjem nagiba opterećenja smanjuju veli-

čine faktora »i« a samim tim i veličine graničnog naprezanja pri slomu tla.

Isto tako može se zapaziti, da su spomenuti faktori praktično nezavisni od veličine ugla unutrašnjeg trenja φ.

Da bi se ocenio uticaj zakošenosti opterećenja na veličinu graničnog naprezanja i obavilo uspoređenje s graničnim naprezanjem pri vertikalnom opterećenju, sproveden je proračun za pravougaoni temelj dimenzija $A \times B = 4{,}0 \times 2{,}0$ m. Dubina fundiranja iznosi $D_f = 2{,}0$ m, zapreminska težina tla $\gamma = 2{,}0$ t/m³, ugao unutrašnjeg trenja $\varphi = 25^0$ i kohezija $C = 0{,}10$ kg/cm².

E. Schultze [14] određuje srednje granično naprezanje tla pri dejstvu kosog opterećenja na taj način, što primenjuje reducirane veličine faktora nosivosti N' u odnosu na faktore N sa kojima se obavlja proračun pri vertikalnom oprećenju. Prema tome, jednačina koju preporučuje Schultze glasi:

$$q_f = c\,N_c' + \gamma\,D_f\,N_q' + \gamma\,B\,N_\gamma' \qquad (28)$$

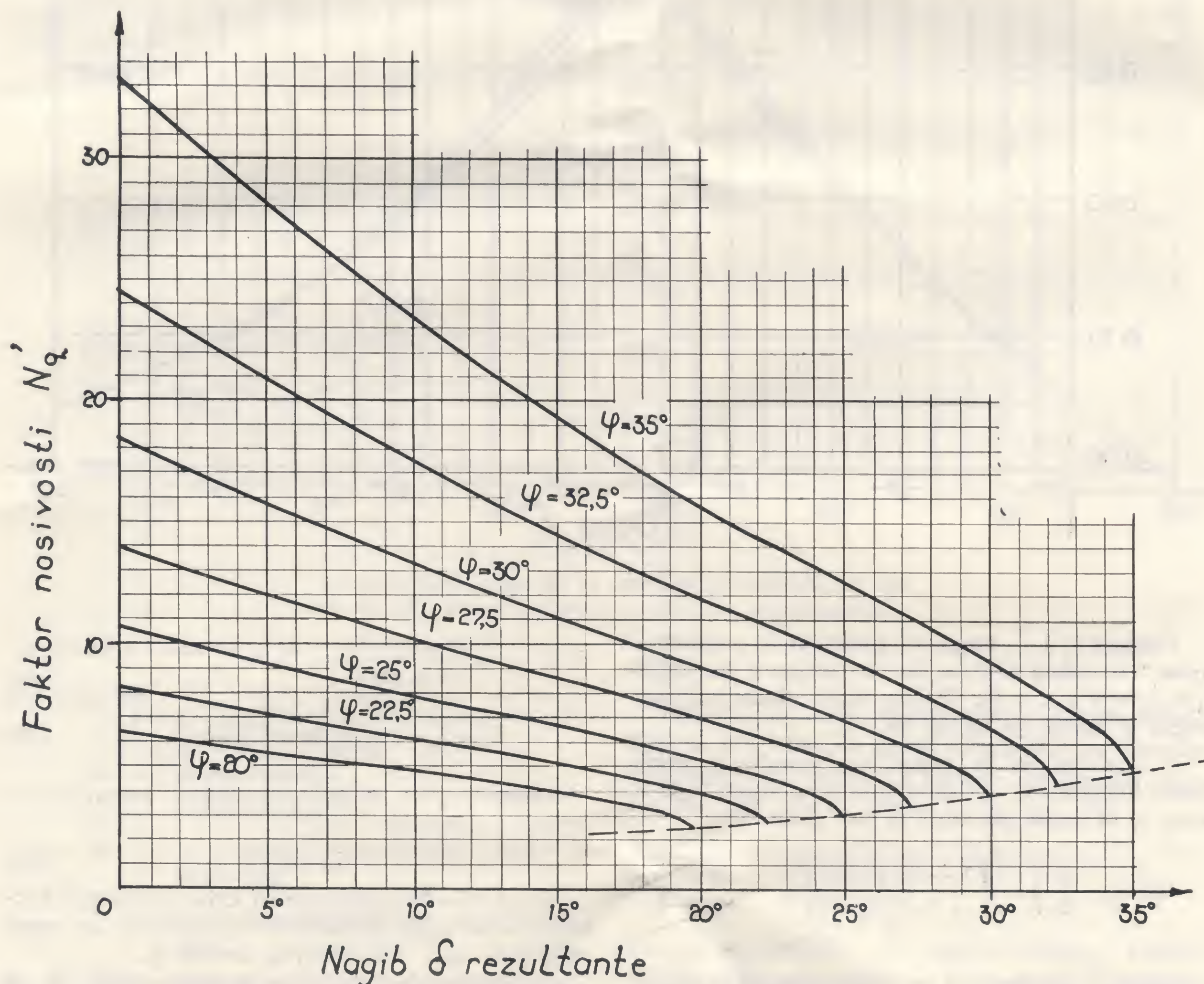
Na sl. 24 prikazane su krive faktora nosivosti N_q' za razne vrednosti ugla zakošenosti opterećenja δ i ugla unutrašnjeg trenja tla φ, dok su na sl. 25 date krive faktora nosivosti N_γ'.

Sokolovski [10] također određuje veličinu graničnog naprezanja tla pri kosom opterećenju pomoću reduciranih faktora N'.

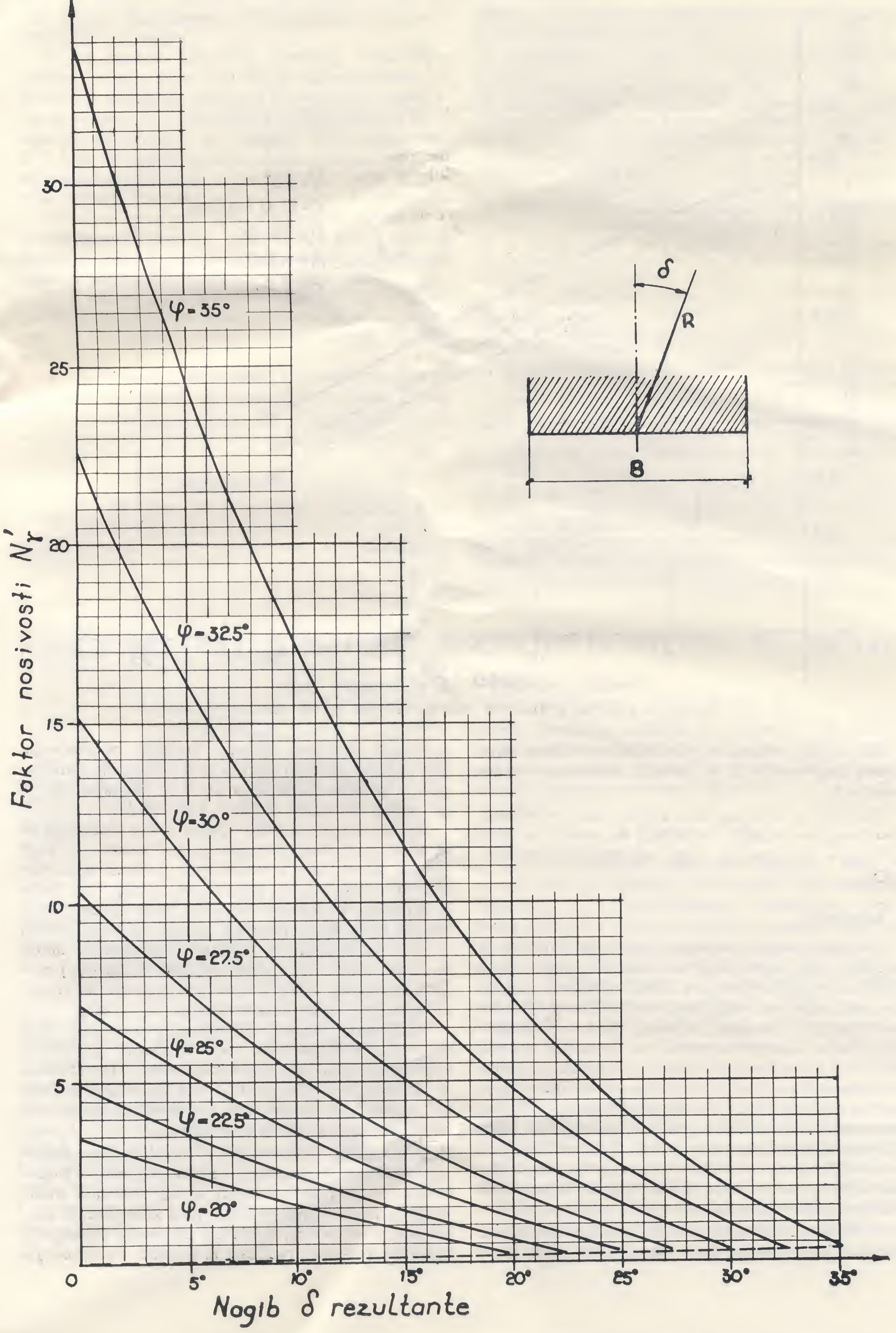
U tablici 11 prikazane su veličine graničnog naprezanja tla pri kosom opterećenju, i to prema Sokolovskom, Schultzeu i Brinch Hansenu.

Tablica 11

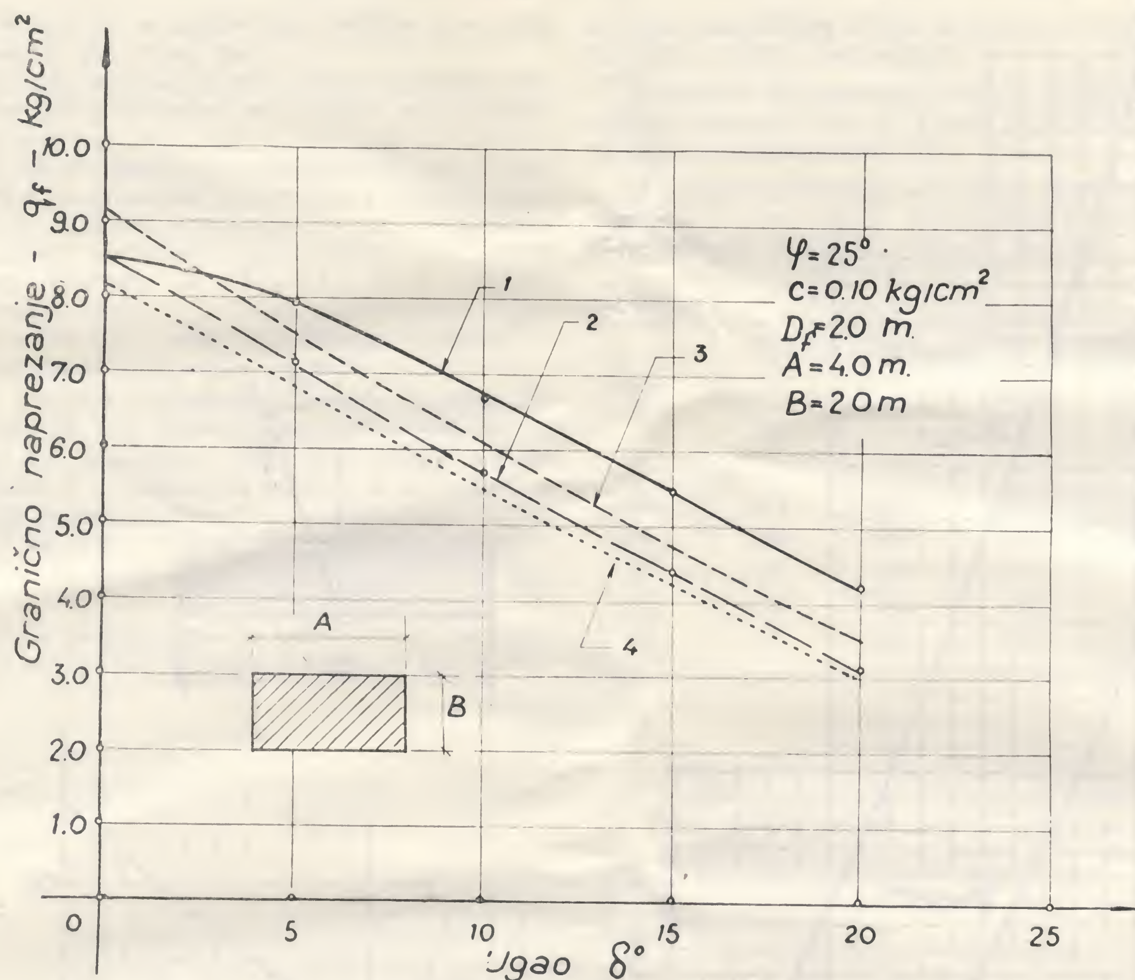
Ugao δ^0	Granično naprezanje tla q_f kg/cm²			
	Schultze (28)	Sokolovski	Brinch Hansen (15)	Brinch Hansen (23)
0	9,19	8,04	8,51	8,51
5	7,55	6,67	7,10	7,96
10	6,07	5,39	5,73	6,72
15	4,73	4,15	4,42	5,53
20	3,49	2,95	3,12	4,16



Sl. 24: Faktor nosivosti N'_q za razne vrednosti ugla δ i φ



Sl. 25: Faktor nosivosti N'_γ za razne vrednosti ugla δ i ugla φ



Sl. 26: Zavisnost veličine graničnog naprezanja tla q_f od ugla zakošenosti δ

Na sl. 26. prikazana je zavisnost veličine graničnog naprezanja tla q_f od ugla zakošenosti opterećenja δ.

Kao što se iz dijagrama može videti, vrednosti graničnog naprezanja temeljnog tla relativno brzo opadaju s povećanjem ugla zakošenosti opterećenja δ.

6. Zaključci

1. Uspoređenjem veličina graničnog naprezanja tla, dobivenih računskom metodom Lenjingradskog zavoda, s naprezanjem pri slomu određenim probnim opterećenjem, primjećuje se velika razlika između jednih i drugih vrednosti. Kod nekoherentnog i slabo koherentnog tla ova računska metoda daje 4—5 puta manje vrednosti od rezultata probnih opterećenja. Kod koherentnih materijala ova je razlika nešto manja, tako da su vrednosti oko dva puta manje od rezultata probnih opterećenja. Razlog nerealno niskim vrednostima koje se dobivaju ovom računskom metodom leži u pretpostavci oblika klizne površine koja se formira pri slomu. Ovaj oblik ne zadovoljava kinematičke uslove.

2. Metoda Meyerhofa daje veličine graničnog naprezanja pri slomu koje skoro uvek premašuju vrednosti dobijene putem probnih opterećenja. Ove razlike su vrlo znatne kod ukopanih temelja, gde je dubina fundiranja $D_f > 0$, što znači da je precenjen doprinos dubine fundiranja.

3. Primenom metode Árpád Balla dobivaju se veličine graničnog naprezanja pri slomu tla koje se vrlo dobro slažu s rezultatima probnih opterećenja. Ovo slaganje je konstatovano samo za slabo koherentna i nekoherentna tla, dok se za koherentne materijale dobivaju vrednosti koje znatno premašuju veličine iz probnih opterećenja. Mada teoretski važi za sve vrste tla, izgleda da ovaj metod proračuna treba primenjivati samo za nekoherentna ili slabo koherentna tla ($\varphi > 30^0$).

4. Metoda Brinch Hansena, primenjena kod koherentnih materijala, daje vrednosti graničnog naprezanja koje se vrlo dobro slažu s rezultatima iz probnih opterećenja. Kod nekoherentnih i slabo koherentnih materijala ove vrednosti su nešto niže od rezultata iz probnih opterećenja.

5. Za slabo koherentne i nekoherentne materijale metode Terzaghija, Caquot-Kérisela i Sokolovskog daju niže vrednosti q_f od rezultata dobivenih iz probnih opterećenja. Kod koherentnih materijala vrednosti q_f, dobivene metodom Terzaghija nešto su veće od vrednosti iz probnih opterećenja,

dok su po Berezancevu, Sokolovskom i Caquot--Kériselu — manje.

6. Na osnovu dobivenih rezultata i obavljene analize, moglo bi se reći da je najcelishodnije za proračun graničnog odnosno dozvoljenog naprezanja pri slomu tla primenjivati metodu Brinch Hansena za koherentna tla, uvodeći faktor sigurnosti F = 2,50. Za nekoherentna tla se s istim faktorom sigurnosti preporučuje metoda Árpád Balla, ili metoda Brinch Hansena, ali s faktorom F = 2,0.

Ukoliko se za proračun veličina q_f koristi druge razmatrane metode, preporučuje se pri određivanju veličina dozvoljenog naprezanja q_a primena faktora sigurnosti F, datih u tablici 10.

7. S obzirom na relativno mali broj obavljenih probnih opterećenja, izneta zapažanja treba dopuniti ili po potrebi korigirati rezultatima daljnjih ispitivanja.

8. Zakošenost opterećenja koje se prenosi na temeljno tlo dovodi do smanjenja veličine graničnog naprezanja pri slomu tla. Nosivost tla opada relativno brzo s povećanjem ugla zakošenosti opterećenja.

LITERATURA

1. L. Prandtl (1920): Uber die Härte plastischer Körper. Nachr. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen-Berlin.
2. K. Terzaghi (1943): Theoretical Soil Mechanics. John Wiley. New York.
3. Caquot et Kérisel (1956): Traité de Mécanique des Sols. Gauthier-Villard. Paris.
4. Meyerhof G. G. (1951): The Ultimate Bearing Capacity of Foundations. Géotechnique.
5. H. Lundgren i K. Mortensen (1953): Determination by the Theory of Plasticity of the Bearing Capacity of Continuous Footings on Sand. Proc. of the III Intern. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. II. Zürich.
6. Brinch Hansen (1952): A. General Plasticity Theory for Clay. Géotechnique. Vol. III.
7. Brinch Hansen and H. Lundgren (1960): Hauptprobleme der Bodenmechanik. Springer. Berlin.
8. Á. Balla (1962): Bearing Capacity of Foundations. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division. Proc. of the A. S. C. E.
9. V. G. Berezancev (1960): Rasčet pročnosti osnovanii sooruženii. Gostroizdat.
10. V. V. Sokolovski (1952): Ustojčivost osnovanii i otkosov. Izvestia. A. N. SSSR. N⁰ 8.
11. H. Muhs (1959): Neuere Entwicklung der Untersuchung der Berechnung von Flachfundationen. Schweizerische Bauzeitung. Heft 11.
12. H. Muhs (1961): Ergebnisse von Probebelastungen auf grossen Lastflächen zur Ermittlung der Bruchlast im Sand. Berichte aus der Bauforschung. Heft 18. Berlin.
13. Brinch Hansen (1957): General Report. IV Inter. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering. London. Vol. II.
14. E. Schultze (1952): Der Widerstand des Baugrundes gegen schräge Sohlpressungen. Bautechnik 29.

NEKA PITANJA O NAČINU PRAŽNJENJA SILOSA ZA ZRNJE

Ing. Vinko Čandrlić, »Tehnika«, Zagreb

1. Uvod

Problem opterećenja zidova ćelija silosa danas još nije potpuno riješen. Oštećenja velikog broja silosa u inostranstvu a i u nas, kao i rezultati ispitivanja, pokazuju da Janssen-Koenenova teorija o veličini pritisaka u ćelijama ne odgovara i da se cio problem mora rješavati u zavisnosti od načina pražnjenja silosa tj. od uslova kretanja zrnčane mase u ćeliji, kad upravo i dolazi do povećanja pritisaka. Ovo povećanje zavisi o mnogim faktorima. Dinamički koeficijent pri pražnjenju različit je u različitim visinama ćelije i kreće se u granicama od 1,1—2, a u naročitim uslovima (jako ekscentričan položaj izlaznog zasuna, velika brzina istjecanja zrna, mali kut trenja sadržine o stijenke, ravnomjerno pražnjenje) može iznositi čak 3—4.

Kako ova pitanja do sada nisu dovoljno tretirana u domaćoj stručnoj literaturi, imamo namjeru da detaljnije prikažemo rezultate najnovijih istraživanja ovog vrlo zanimljivog područja, te će ovaj članak, nadamo se, korisno služiti svima koji se bave problemom uskladištenja zrnčane robe u silose. Osim prikaza rezultata ispitivanja, dat ćemo, i usporedbu naših Tehničkih uputstava o proračunu pritisaka, s uputstvima drugih zemalja. Opisat će se svi uobičajeni načini pražnjenja ćelija i uslovi kretanja sadržine u zavisnosti od načina istjecanja zrna. Iznijet ćemo i jedno vlastito rješenje novog oblika pražnjenja silosa kod kojeg ne dolazi do pojave povećanih pritisaka.

2. Pritisci u ćeliji

Kad se zrnčana masa bez kohezije sipa na ravnu podlogu, obrazuje se stožac čije izvodnice zatvaraju — s horizontalnom ravninom — kut, kojeg nazivamo kutem prirodnog nagiba. Ovaj kut ne zavisi samo o vrsti materije nego i o vremenskom toku i stepenu stabilizacije zrnčane mase, a njegova veličina obično se uzima ista kao i kuta unutrašnjeg trenja te materije.

Ako se ova masa ubaci u neki zatvoreni prostor, kao što je silos, ona potiskuje zidove. Ovaj potisak možemo razlučiti na dvije komponente: horizontalnu, koju zovemo bočni ili horizontalni pritisak na zidove, i vertikalnu, koja se uslijed trenja materije o zid predaje kao vertikalni pritisak po opsegu zida. Razlika u težini materije u ćeliji i opterećenja uravnoteženog trenjem zrna o zidove na određenoj dubini je ukupno vertikalno opterećenje. Vertikalno opterećenje na jedinicu površine zovemo vertikalnim pritiskom. Poznato je da u ćeliji silosa horizontalni i vertikalni pritisak ne raste



Sl. 1: Pukotina u zidu ćelije jednog silosa u Portugalu

proporcionalno s visinom. S povećanjem dubine, prirast pritisaka se smanjuje.

U narednim poglavljima prikazat će se kakve su međusobne zavisnosti ovih veličina prema raznim autorima ili različitim postavkama, i dat će se izrazi po kojima se one mogu izračunati.

Oznake:

γ = prostorna težina materije u ćeliji
φ = kut unutrašnjeg trenja materije
δ = kut trenja materije o zidove ćelija
D = promjer ćelije
F = površina ćelije
O = opseg ćelije
z = dubina horizontalne trake ispod nivoa materije u ćeliji
p_h = horizontalni pritisak
p_v = vertikalni pritisak
p_w = vertikalni pritisak na zid po opsegu zida.

Ostale oznake objasnit će se u samom tekstu.

2. 1. Janssen-Koenenova teorija

Janssen je 1895. godine postavio jednadžbu ravnoteže sila koje djeluju na elementarni sloj materije u ćeliji.

Iz uslova ravnoteže vertikalnih sila $\Sigma V = 0$ dobije se:

$$F \cdot p_v + \gamma \cdot F \cdot dz = F (p_v + dp_v) + p_w \cdot O \cdot dz.$$

Uvodeći oznake

$$\mathrm{tg}\,\delta = \frac{p_w}{p_h} = \text{const. i}$$

$$\lambda = \frac{p_h}{p_v} = \text{const.}$$

te integrirajući gornju jednadžbu dobiju se konačni izrazi

$$p_v = \frac{\gamma \cdot F}{\mathrm{tg}\,\delta \cdot \lambda \cdot O} \left(1 - e^{-\frac{\mathrm{tg}\,\delta \cdot \lambda \cdot O \cdot z}{F}} \right)$$

$$p_h = \frac{\gamma \cdot F}{\mathrm{tg}\,\delta \cdot O} \left(1 - e^{-\frac{\mathrm{tg}\,\delta \cdot \lambda \cdot O \cdot z}{F}} \right)$$

$$p_w = \frac{\gamma \cdot F}{O} \left(1 - e^{-\frac{\mathrm{tg}\,\delta \cdot \lambda \cdot O \cdot z}{F}} \right).$$



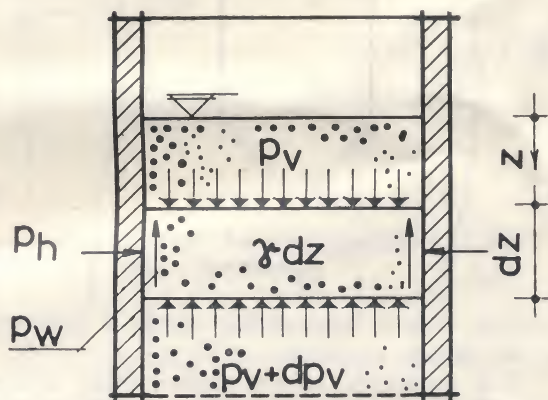
Sl. 2: Mjerenje širine pukotine u zidu ćelije silosa u Hamburgu, za vrijeme pražnjenja

Granične vrijednosti pritisaka su

$$\text{maks}\ p_v = \frac{\gamma \cdot F}{\operatorname{tg}\delta \cdot \lambda \cdot O}$$

$$\text{maks}\ p_h = \frac{\gamma \cdot F}{\operatorname{tg}\delta \cdot O}$$

$$\text{maks}\ p_w = \frac{\gamma \cdot F}{O}\ .$$



Sl. 3: Stanje ravnoteže elementarnog sloja po Janssenu

Vrijednost λ Koenen je uzeo po Rankinovoj teoriji potiska zemlje za granični slučaj aktivne ravnoteže.

$$\lambda = \frac{p_h}{p_v} = \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi}\left(= \operatorname{tg}^2 45^0 - \frac{\varphi}{2}\right).$$

2.2. Caquotova teorija

2.2.1. Stanje mirovanja materije

Caquot u svojoj teoriji pretpostavlja da potisci na zidove silosa nastaju od stvaranja paraboličnih svodova u ispuni ćelija.

Horizontalni pritisci dobiju se po izrazu

$$p_h = \frac{\gamma \cdot F}{\operatorname{tg}\delta \cdot O}\left(1 - e^{-\frac{z}{b}}\right)$$

gdje je

$$b = \frac{2\,F}{\sin 2\,\delta}\left(\frac{1 + n\sin\varphi}{1 - n\sin\varphi}\right)\ \text{i}$$

$$n = \sqrt{1 - \frac{\operatorname{tg}^2\delta}{\operatorname{tg}^2\varphi}},$$

a vertikalni pritisci

$$p_v = p_v' + \frac{\gamma \cdot V}{F},$$

gdje je

$$p_v' = 2\,p_h \cdot \operatorname{tg}\delta \cdot \frac{1}{\sin 2\,\delta}\left(\frac{1 + n\sin\varphi}{1 - n\sin\varphi}\right).$$

V = volumen paraboloida, čija je visina jednaka

$$\frac{D}{2}\operatorname{tg}\delta.$$

D = promjer ćelije ili okrugle površine ekvivalentne stvarnoj površini ćelije.

2.2.2. Stanje gibanja materije

Uz uslov da se silos prazni centrično, Caquot za horizontalni pritisak daje jednadžbu ovog oblika

$$p_h = \gamma\left\{(h_1 - h) + \frac{R}{c \cdot \lambda_p - 2}\left[1 - \left(\frac{R}{h_0}\right)^{c \cdot \lambda_p - 2}\right]\right\}\frac{1 + \cos 2\,\beta \cdot \sin\varphi}{1 - \sin\varphi}.$$

Oznake:

h_1 = radijus kružnog luka R za promatranu tačku na visini h

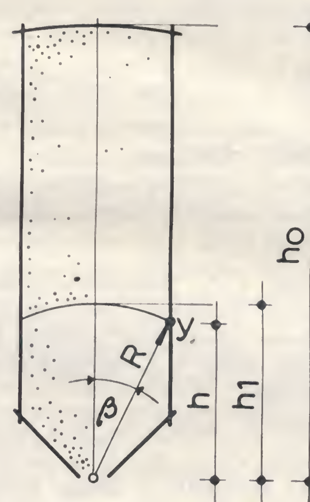
h_0 = maksimalna visina materije u ćeliji

β = kut između radijusa R i osi ćelije

λ_p = $\operatorname{tg}^2(45^0 + \varphi/2)$

c = 2 za ćeliju okruglog oblika

c = 1 za ćeliju neodređenog tlocrta između dva paralelna vertikalna zida.



Sl. 4: Oznake po Caquotu

2.3. Pritisci u ćeliji po M. i A. Reimbertu

2.3.1. Pritisci za vrijeme punjenja silosa

Ispitivanja koja su M. i A. Reimbert obavljali na modelima i velikim industrijskim silosima, pokazala su da se krivulja pritisaka prikazana jednadžbom jedne grane hiperbole znatno više približava stvarnim vrijednostima mjerenih pritisaka nego e-funkcija Janssen-Koenena.

Jednadžbe pritisaka za opći tlocrtni oblik ćelije po Reimbertu glase

$$p_v = \gamma \cdot \left[z\left(\frac{z}{A} + 1\right)^{-1} + \frac{h}{3}\right]$$

$$p_h = \frac{\gamma \cdot R}{\operatorname{tg}\delta}\left[1 - \left(\frac{z}{A} + 1\right)^{-2}\right]$$

$$p_w = \gamma \cdot R \cdot z^2 \cdot \frac{1}{z + A},$$

$$A = S \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \delta \cdot \lambda} - \frac{h}{3} \quad i \quad \lambda = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right).$$

Veličine R i S u prethodnim izrazima zavise od oblika ćelija.

Za ćeliju okruglog tlocrta

$$R = \frac{F}{O} = \frac{r}{2} \qquad S = \frac{r}{2},$$

za ćeliju pravilnog poligonalnog tlocrta

$$R = \frac{F}{O} \qquad S = \frac{O}{4\pi},$$

za ćeliju neodređenog tlocrta između dva paralelna vertikalna zida sa razmakom »a«

$$R = \frac{F}{O} = \frac{a}{2} \qquad S = \frac{2a}{\pi},$$

za ćeliju pravokutnog tlocrta
za kraću stranicu »a«

$$R = \frac{a}{4} \qquad S = \frac{4}{\pi},$$

za dužu stranicu »b«

$$R = \frac{a}{4}\left(2 - \frac{a}{b}\right) \qquad S = \frac{a}{\pi}\left(2 - \frac{a}{b}\right).$$

Mjerenja M. i A. Reimberta pokazala su da pritisci prilikom punjenja istog silosa jednom te istom sadržinom mogu biti različiti kod različite brzine punjenja ćelije i da se nalaze između dvije granične krivulje.

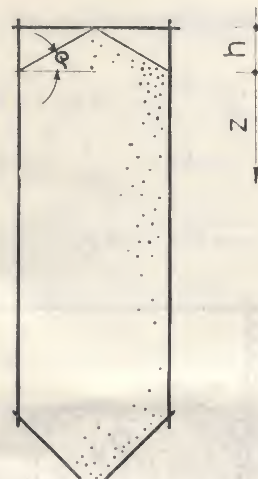
Jedna krivulja dobije se kod brzog punjenja bez stabilizacije, osim one koja se javlja u toku samog procesa punjenja, i druga krivulja, kad se puni lagano te postoji i mnogo veća mogućnost slijeganja sadržine.

Najveći horizontalni pritisci javljaju se u prvom slučaju a najveći vertikalni pritisci u drugom slučaju, pa za proračun treba usvojiti one karakteristike zrnčane materije koje daju nepovoljnije utisaje.

Daju se ova uputstva u pogledu usvajanja karakteristika materije.

Kod silosa s glatkim zidovima treba računati horizontalne i vertikalne pritiske s maksimalnom prostornom težinom pri laganom punjenju i slijeganju, sa najvećim odgovarajućim kutem unutrašnjeg trenja i minimalnim kutem trenja o zidove.

Kod silosa s hrapavim zidovima, horizontalni pritisci računaju se s minimalnom prostornom težinom, minimalnim odgovarajućim kutem unutrašnjeg trenja i minimalnim kutem trenja o zidove. Vertikalni pritisci računaju se s maksimalnom prostornom težinom, odgovarajućim maksi-



Sl. 5: Vertikalni presjek kroz ćeliju prema Reimbertu

malnim kutem unutrašnjeg trenja i minimalnim kutem trenja o zidove.

Kod hrapavih zidova treba voditi računa o tome da se kut trenja o zidove ne smije uzeti veći od kuta unutrašnjeg trenja materije, jer u tom slučaju klizanje nastaje u samoj materiji na malom razmaku od zida.

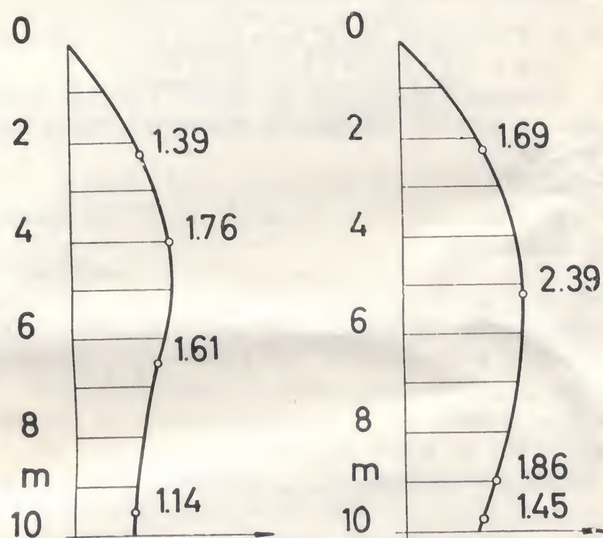
2. 3. 2. Pritisci za vrijeme pražnjenja silosa

Kad je silos pun, dovoljno je da samo malo otvorimo izlazni zasun, kroz kojeg će isteći neznatna količina zrna, pa da cijela masa u ćeliji odmah krene prema dolje povećavajući pri tom znatno potisak na zidove. Brzi prijelaz mase iz ravnotežnog stanja kod mirovanja u pokretnu masu prilikom pražnjenja, izaziva tako veliko i naglo povećanje potisaka, da neki autori ovu pojavu uspoređuju s dinamičkim djelovanjem izazvanim brzim narušavanjem ravnoteže materije u ćeliji.

M. i A. Reimbert su 1953. i 1954. godine izmjerili preko 3000 mjerenja pritisaka na nekoliko silosa u Francuskoj. Karakteristična su mjerenja na jednom čeličnom silosu s kvadratnim ćelijama. Visina ćelije iznosila je 10 m a dužina stranice 4,10 m. Na sl. 6 prikazani su koeficijenti povećanog pritiska za vrijeme pražnjenja za prvo i drugo ispitivanje. Kod svakog ispitivanja punilo se kontinuirano, a isto tako i praznilo. Vremenski razmak između punjenja i pražnjenja bio je jedna noć.

Kad usporedimo te dvije krivulje (sl. 6), vidjet ćemo da je koeficijent povećanja pritisaka vrlo promjenljiva veličina, i to u jednoj istoj ćeliji napunjenoj istom materijom. Objašnjenje za ova odstupanja vjerojatno treba tražiti u nejednakoj brzini punjenja ili pražnjenja prilikom svakog ispitivanja, iako su te brzine bile konstantne za vrijeme jedne operacije, ali možda različite za vrijeme druge.

Ispitivanja su pokazala da se krivulje potisaka zrna na stijenke ćelija za vrijeme punjenja vrlo dobro slažu s računskim vrijednostima, što nije



Sl. 6: Koeficijenti povećanog pritiska

slučaj kod pražnjenja, jer su poremećaji u ravnoteži materije za vrijeme istjecanja zrna takvi, da je nemoguće dovoljno tačno procjeniti njihove uticaje.

2. 4. Ispitivanja V. S. Kima

U periodu 1948—1953. V. S. Kim je u Sovjetskom Savezu ispitivao pritiske žita u silosima u cilju razrade načina pražnjenja kojim bi se smanjili pritisci na zidove prilikom istjecanja zrna. Ustanovljena su dva osnovna oblika istjecanja: istjecanje lijevkom i ravnomjerno istjecanje.

U lijevku zrno istječe tako da se u ćeliji na površini formira lijevak od samog početka pražnjenja. Zrno se usisava s površine lijevka u unutrašnji pokretni stup, dok ostala čitava sadržina miruje. Najprije izlazi zrno koje se nalazi u gornjem dijelu ćelije, a potom iz donjeg dijela.

Kod ravnomjernog istjecanja ne nastaje lijevak na površini materije, već se čitav zrnčani stup u punom presjeku polako spušta. Pri tome se kod zidova ćelije na površini materije formiraju brežuljci zbog trenja materije o stijenke ćelija, koji rastu sa slijeganjem čitavog stupa. Ovi brežuljci mogu biti okrugli i prstenasti kod okruglih ćelija, ili u obliku osmerokuta kod kvadratnih ćelija. Kako se u uglovima ćelije zrno zaglavljuje, tu brežuljci rastu brže nego kod srednjih dijelova zidova. Slojevi zrna uz zidove kreću se nešto sporije nego ostali zrnčani stup. Ovaj sloj sliježe po površini materije i formira brežuljke u obliku prstenastog ili osmerokutnog vala zrna. Pored ova dva osnovna oblika može nastati i mješoviti oblik istjecanja materije u slučaju kad je pražnjenje ćelije čitavim zrnčanim stupom praćeno formiranjem lijevka na površini.

Istjecanje zrna u obliku lijevka javlja se kod hrapave površine zidova, veće zbijenosti sadržine i male visine ćelija. Kad je odnos visine ćelije prema promjeru manji ili jednak 1,5 do 2, zrno uvijek istječe u obliku lijevka. Istjecanje zrna punim stupom nastane kod malog koeficijenta trenja materije o zidove, rastresite strukture zrnčane mase i velikog odnosa visine ćelija prema promjeru. Kad je odnos visine ćelije prema promjeru jednak 4 i više, zrno obično istječe punim stupom.

Na osnovu opsežnih ispitivanja Kim je došao do ovih zaključaka: punjenje u obliku kiše povećava eksploatacioni volumen ćelije za 6—10% u odnosu na punjenje mlazom; ukupni pritisak žita na dno ćelije kod punjenja veći je nego kod pražnjenja za istu količinu sadržine u ćeliji; ukupni vertikalni pritisak zrna na zidove kod pražnjenja ćelije veći je nego kod punjenja; horizontalni pritisci zrna na stijenke ćelija zavise od oblika istjecanja. Kod tećenja zrna čitavim stupom, nastaju dinamički pritisci 2—3 puta veći od onih što se dobiju po Janssenu. Kod istjecanja u obliku lijevka dinamičkih pritisaka nema; oblik istjecanja zavisi od koeficijenta trenja materije o zidove, gustoće materije u ćeliji, odnosa dubine nasute materije prema promjeru ćelije i sl. Ni jedan od ovih činilaca ne osigurava uvijek i dovoljno pouzdano potreban način istjecanja u obliku lijevka.

2. 5. Sovjetski propisi TU 124-56

Prema Sovjetskim tehničkim uslovima TU 124--56, normative veličine pritiska zrnčane materije u silosu određuju se po Janssen - Koenenu, s popravnim koeficijentom »a« koji iznosi: za proračun dna i donje zone zidova na dužini 2/3 visine ćelije — a = 2; za proračun gornje zone zidova na dužini 1/3 visine ćelije — a = 1. Proračunska opterećenja od pritiska i vlastite težine sadržine određuju se množenjem veličine normativnih opterećenja koeficijentom preopterećenja n = 1,3.

2. 5. 1. Okrugli silosi

Vlačna armatura proračunava se po metodi graničnih stanja

$$fa = \frac{n \cdot p_h \cdot D}{2 \cdot m \cdot m_a \cdot R_a} .$$

Koeficijent uslova rada konstrukcije »m« u slučaju kad se normativni pritisak izračunava s popravnim koeficijentom a = 2, uzima se s vrijednostima: za stijenke koje stoje zasebno i za vanjske stijenke kod rasporeda ćelija u redovima — m = = 1; za stijenke unutrašnjih ćelija kod rasporeda u redovima — m = 2; za stijenke okruglih vanjskih ćelija u silosima s šahovskim rasporedom ćelija, kao i za stijenke vanjskih međućelija: u zoni po visini od 0,15 H do 0,35 H — m = 1, u zoni po visini od 0,35 H do 0,65 H — m = 0,85; za stijenke okruglih unutrašnjih ćelija u silosima s šahovskim rasporedom ćelija: u zoni po visini od 0,15 H do 0,35 H — m = 2, u zoni po visini od 0,35 H do 0,65 H — m = 1,7; za ravna dna bez nagiba od mršavog betona, za armirano betonske lijevke i ležajne prstene — m = 1,3; za ravna dna

s nagibima od mršavog betona u slučaju da je debljina mršavog betona 1,5 m i više — m = 2; za ravna dna s nagibom od mršavog betona kad je debljina mršavog betona manja od 1,5 m, vrijednost koeficijenta »m« određuje se interpolacijom; za čelične lijevke u armirano-betonskim silosima — m = 0,8.

U slučajevima kad je kod proračuna normativnog pritiska popravni koeficijent a = 1, uzima se da je m = 1, osim kod stijenki vanjskih ćelija i vanjskih međućelija u okruglim silosima s šahovskim rasporedom ćelija u zoni od 0,65 H do 0,85 H. Koeficijent uslova rada konstrukcije u tom slučaju treba uzeti sa vrijednošću m = 0,5.

Koeficijent uslova rada armature m_a zavisi o vrsti i načinu izrade čeličnih profila, kao i od zajedničkog rada betona i armature (prijevremeno otvaranje pukotina u betonu, narušavanje prianjanja armature i betona i sl.) a uzima se u vrijednostima $m_a = 1$, čak do $m_a = 0{,}65$ kod hladno vučene žice u zavarenim mrežama.

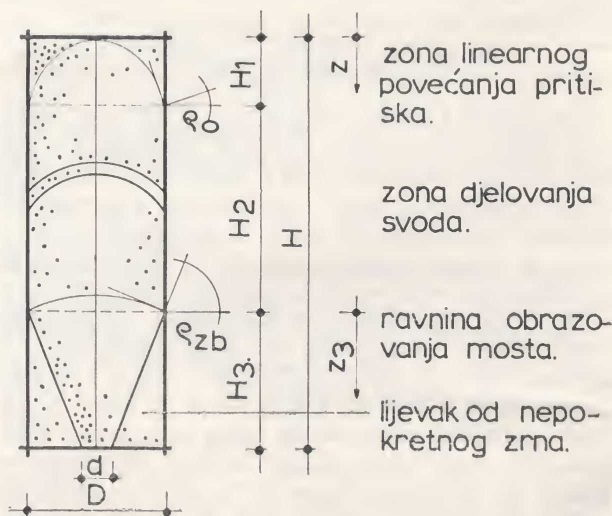
R_a je računska čvrstoća armature koja se dobije množenjem normativne čvrstoće (donja granica plastičnog razvlačenja) s odgovarajućim koeficijentima jednovrsnosti $k_a < 1$ (za vruće valjan običan profil $k_a = 0{,}9$, a za vruće valjan periodski profil $k_a = 0{,}85$).

Vertikalni pritisak na zid po opsegu zida p_w proračunava se s popravnim koeficijentom a = 1.

2\. 5. 2. Pravokutni silosi

Horizontalna vlačna armatura određuje se po istoj formuli kao za okruglu ćeliju, samo umjesto D treba staviti odgovarajuću unutrašnju dimenziju stranice pravokutnika. Momenti savijanja u horizontalnoj ravnini proračunavaju se kao da je svaka ćelija odvojena konstrukcija.

Koeficijent uslova rada konstrukcije m = 2 uzima se za stijenke vanjskih i unutrašnjih ćelija kod a = 2, i kad su stranice pravokutnika dužine do 4 m. Za stijenke čija je stranica veća od 4 m — veličinu koeficijenta »m« treba posebno obrazložiti.



Sl. 7: Zone pritiska kod pražnjenja prema Platonovu i Koutunu

Vrijednost »m« za proračun dna treba uzeti kao i kod okruglih silosa.

2\. 6. Pritisci kod pražnjenja ćelija po Platonovu i Kovtunu

Platonov i Kovtun su na osnovu vlastitih istraživanja došli do obrazaca za proračun pritiska kod pražnjenja:

Zona H_1

U ovom odsjeku pritisak se računa po zakonu potiska tla

$$H_1 = D \cdot \operatorname{tg} \Phi_o$$

$$p_{h^1} = \xi \cdot \gamma \cdot z \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^0 - \frac{\Phi_o}{2}\right)$$

$$p_{v^1} = \gamma \cdot z.$$

Zona H_2

U ovoj zoni javljaju se pritisci od djelovanja svoda

$$H_2 = H - (H_1 + H_3)$$

$$p_{h^2} = 0{,}5 \cdot \gamma \cdot D \cdot \operatorname{tg} \Phi_z$$

$$p_{v^2} = \gamma \cdot z \cdot (1 - 2\,\mu \cdot \operatorname{tg} \Phi_z \cdot \operatorname{tg} \delta).$$

Zona H_3

Proračun pritisaka odgovara odsjeku H_1. U graničnom području H_2 — H_3 stvara se prijelazna zona s punim obrazovanjem svoda

$$H_3 = 0{,}5\,(D - d)\operatorname{tg} \Phi_{zb}$$

$$p_{h^3} = \xi \cdot \gamma \cdot z_3 \operatorname{tg}^2 \left(45^0 - \frac{\Phi_o}{2}\right)$$

$$p_{v^3} = \gamma \cdot z_3.$$

Oznake u navedenim obrascima:

γ = prostorna težina sadržine u silosu (za pšenicu 800 kg/m3)

γ spec = specifična težina sadržine u silosu (za pšenično zrno 1335 kg/m3)

γ_z = K · γ spec gdje je K koeficijent gustoće

K $\cong$ a · K maks $[1 - e^{-(b + c \cdot z)}]$

K maks = maksimalni koeficijent gustoće (za pšenicu 0,665)

K′maks = maksimalni koeficijent gustoće u ćeliji čija se sadržina sastoji od jednakih zrna u obliku kugle, K′maks = 0,7405

K′min = minimalni koeficijent gustoće u ćeliji čija se sadržina sastoji od zrna u obliku kugle, K′min = 0,5236

δ = kut trenja materije o zidove

φ_o = kut prirodnog nagiba materije

$$\operatorname{tg} \varphi_z = \operatorname{tg} \varphi_o + \alpha \frac{K - K'min}{K'maks - K}$$

$\operatorname{tg} \varphi_{zb}$ = $\operatorname{tg} \varphi_z$ u visini dna

α = konstanta (za pšenicu $\alpha = 1{,}10$)

μ = veličina sposobnosti nošenja svoda (za pšenicu $\mu = 0{,}15 + 0{,}05\, z\, (D \cdot K)$

ξ = koeficijent razdiobe pritiska (za pšenicu u okruglim ćelijama promjera 3,70 — 6,00 m $\xi = 1{,}65$)

a = konstanta (za pšenicu 1,00)

b = konstanta (za pšenicu 1,60)

c = konstanta (za pšenicu 0,14).

2.7. Njemački propisi DIN 1055 (septembra 1962.)

U smislu ovih normi pod silosnim ćelijama podrazumijevaju se cilindrični i poliedarski šuplji prostori kod kojih je visina donjeg dijela (lijevak) manja od 1/2 visine cilindričnog ili poliedarskog područja.

Pod uskladištenom materijom u smislu ovih propisa smatra se zrnčana roba ili roba u obliku praha, kod koje je kohezija mala u usporedbi s unutrašnjim trenjem, i čiji se volumen za vrijeme uskladištenja ne mijenja.

U materiji u silosu kao i između materije i stijenke pojavljuju se ovi pritisci: p_v = vertikalni pritisak, p_h = horizontalni pritisak, p_w = vertikalni pritisak na zid po opsegu zida (trenje). Najveća vrijednost vertikalnog pritiska pojavljuje se za vrijeme punjenja silosa, a najveća vrijednost horizontalnog pritiska i napon od trenja, za vrijeme pražnjenja ili istovremenog punjenja i pražnjenja.

Maksimalne veličine pritisaka u beskonačno visokoj ćeliji mogu se izračunati po ovim izrazima:

$$\text{maks } p_w = \frac{\gamma \cdot F}{O}$$

$$\text{maks } p_h = \frac{\text{maks } p_w}{\mu} = \frac{\gamma \cdot F}{\mu \cdot O}$$

$$\text{maks } p_v = \frac{\text{maks } p_h}{\lambda} = \frac{\gamma \cdot F}{\lambda \cdot \mu \cdot O}.$$

Porast pritiska s visinom punjenja »z« odgovara e-funkciji

$$p(z) = \text{maks } p \cdot \Phi,$$

gdje je

$$\Phi = \left(1 - e^{\frac{z}{z_0}}\right), \text{ i}$$

$$z_0 = \frac{\text{maks } p_v}{\gamma} = \frac{F}{\lambda \cdot \mu \cdot O}.$$

Kut trenja između materije i stijenke je još uvijek prilično nepoznata veličina koja se teško može obuhvatiti računom jer ne zavisi samo od svojstva materije i hrapavosti zida, već i od vremena, a osim toga je različita kod punjenja i pražnjenja. Kut trenja δ definiran je izrazom:

$$\text{tg}\,\delta = \frac{p_w}{p_h} = \mu.$$

Tako dugo dok se ne nađu tačne mjerene vrijednosti, kut trenja između sadržine i zidova može se nezavisno od hrapavosti zida uzimati kao dio kuta unutrašnjeg trenja sadržine, prema ovoj tablici.

Materija u ćeliji	Kut trenja o zidove	
	Kod punjenja δ_f	Kod pražnjenja δ_e
Zrnčana materija sa srednjim promjerom zrna > 0,2 mm	0,75 φ	0,60 φ
Prašinasta materija sa srednjim promjerom zrna < 0,06 mm	1,00 φ	1,00 φ

Kod srednjeg promjera zrna između 0,06 mm i 0,2 mm, vrijednost kuta trenja treba uzeti interpolacijom između vrijednosti u tablici.

Odnos horizontalnog i vertikalnog pritiska $\lambda = \frac{p_h}{p_v}$ treba uzeti konstantnim po cijeloj visini ćelije.

Kod punjenja λ otprilike odgovara vrijednostima pritiska za vrijeme mirovanja, i može se uzeti za $\lambda_f = 0{,}50$.

Kod pražnjenja su vertikalni i horizontalni pritisci približno jednaki $\lambda e = 1{,}00$.

Kod centričnog pražnjenja može se uzeti uticaj dna na smanjenje horizontalnog pritiska. Ovo smanjenje uzima se do visine od $2 \cdot \text{min } d \leqq {}^1/_3 \text{ maks } z$, gdje je min d promjer najvećeg kruga upisanog u poprečni presjek ćelije. Od ove visine može se povući pravac do dna, gdje je veličina pritiska jednaka kao kod punjenja.

Ovi propisi važe za proračun pritisaka u ćelijama snabdjevenim takvim uređajima za pražnjenje, da prilikom istjecanja zrna ne može doći do pokretanja cijele sadržine ćelije.

U pripremi su novi propisi kojima će se upotpuniti DIN 1055. Bit će obuhvaćene i ćelije velikih promjera s centričnim i ekscentričnim pražnjenjem. Kod ćelija uobičajenih oblika i visina bit će definirano povećanje pritisaka kod ekscentričnog pražnjenja.

2.8. Jugoslavenska Tehnička uputstva

Centar za unapređenje građevinarstva dobio je zadatak da ispita uzroke pojave napršlina koje su nastale u posljednje vrijeme na silosima, i da pripremi uputstva za proračun pritisaka žita u ćelijama. S obzirom da izgradnja silosa nije mogla čekati konačne rezultate preduzetih ispitivanja, Centar je u junu 1960. predložio Tehnička uputstva za proračun silosnih ćelija za žito, kao preporuku.

Vertikalni i horizontalni pritisci prema ovim uputstvima računaju se s graničnim vrijednostima po Janssen-Koenenu:

$$\text{maks } p_v = \frac{\gamma \cdot F}{\mu \cdot \lambda \cdot O},$$

$$\text{maks } p_h = \frac{\gamma \cdot F}{\mu \cdot O},$$

gdje je μ koeficijent trenja žita o zidove ćelija. Vrijednost $\mu = \text{tg}\, \delta = \frac{p}{p_h}$ treba uzeti sa $\leqq$ 0,220. Odnos horizontalnog i vertikalnog pritiska $\lambda = \text{tg}^2 (45^0 - \varphi/2) = \frac{p_h}{p_v}$ treba uzimati sa srednjim vrijednostima $\lambda = 0,5$.

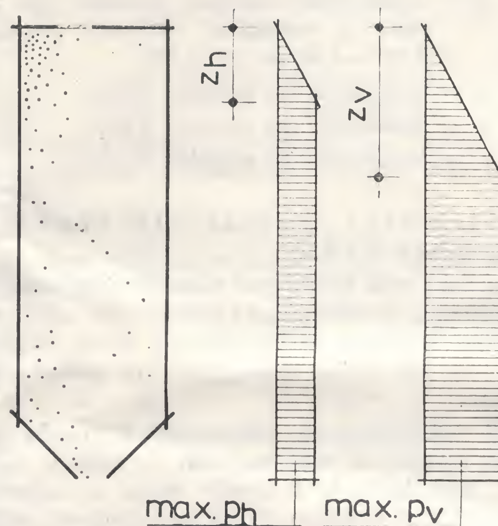
Prostornu težinu žita treba pretpostaviti sa $\gamma = 0,789$ t/m³.

Vrijednosti pritisaka maks p_v i maks p_h uzimaju se konstante od dna lijevka do tačke gdje se izjednačavaju s veličinama hidrostatskog pritiska žita (sl. 8).

$$z_h = \frac{\text{maks } p_h}{\gamma}$$

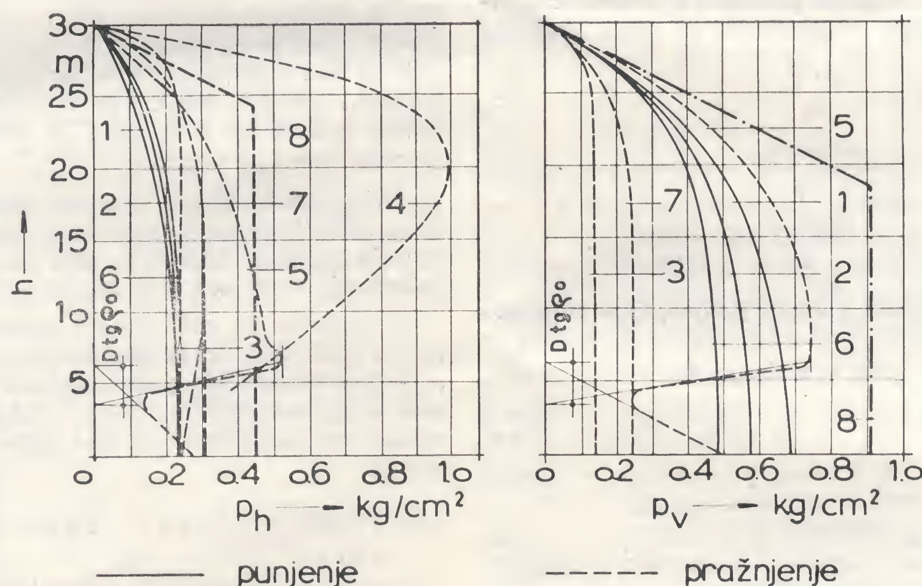
$$z_v = \frac{\text{maks } p_v}{\gamma}.$$

Dopuštena naprezanja u armaturi treba uzimati po PTP-3 za beton i armirani beton, osim u elementima koji su napregnuti pretežno na vlak. U ovim elementima dopušteni napon čelika ne treba uzimati veći od $\sigma = 1600$ kg/cm².



Sl. 8: Linije pritiska prema jugoslavenskim Tehničkim uputstvima

Na sl. 9 prikazuju se linije pritisaka prema različitim autorima i propisima za jedan okrugli



Sl. 9: Pritisci u silosu prema raznim autorima i propisima

silos promjera D = 5,00 m, visine H = 30,00 m, napunjen žitom prostorne težine $\gamma = 800$ kg/m³, sa kutom unutrašnjeg trenja $\varphi = 30^0$ i putom trenja o zidove $\delta = 0{,}75\ \varphi$.

2.9. Ispitivanje Piepera i Wenzela

Pieper i Wenzel su 1963. godine u svrhu disertacije na Visokoj školi u Braunschweigu obavili opsežna ispitivanja jednog modela ćelije silosa promjera D = 60 cm i ukupne visine H = 308 cm. Iako je pitanje u kojoj se mjeri njihovi rezultati mogu prenijeti na velike ćelije, ipak je moguće na osnovu prethodnih i ovih istraživanja izvući ove zaključke: Vertikalni pritisak p_v i ukupni pritisak na dno poprimaju najveće vrijednosti kod punjenja. Pritisci u silosu za vrijeme mirovanja odgovaraju približno teoriji Janssen-Koenena, kad se za vrijednost $\lambda = \frac{p_h}{p_v}$ umjesto po Koenenu uzme Rankinove granične vrijednosti napona, λ_a, i upotrebi vrijednost mirnog pritiska λ_0.

$\lambda_0 = \frac{1}{m - 1}$, gdje je »m« koeficijent poprečnog izduženja materije u ćeliji. Po Kézdiju se može uzeti da je $\lambda_0 \cong 1 - \sin\varphi$. I nadalje, ostaje još nejasno pitanje međusobnog odnosa veličine trenja o zidove i horizontalnog pritiska $\operatorname{tg}\delta = \frac{p_w}{p_h}$, jer su se dobile velike razlike u ispitivanju ovih vrijednosti na modelu i u aparatu za smicanje. Mjerenja su pokazala da u području dna nastaju veći vertikalni pritisci p_v, veći pritisci na dno i manje trenje p_w nego što se to dobije po teoriji o beskonačnoj dubini ćelije. Kod pražnjenja silosa javlja se jaki horizontalni pritisak p_h i trenje p_w manje jačine porasta. Vertikalni pritisak p_v i pritisak na dno postaje manji. U području dna, horizontalni pritisak neznatno se povećava, i po tome se može zaključiti da se najveće povišenje pritisaka pojavljuje u zoni ravnomjernog istjecanja sadržine. Najveće vrijednosti p_h i p_w pojavljuju se u pojedinim visinama istovremeno. Veličina $\operatorname{tg}\delta = \frac{p_w}{p_h}$ može se grubo pretpostaviti kao konstantna vrijednost, nešto manja od vrijednosti kod punjenja. Odnos $\lambda = \frac{p_h}{p_v}$, naprotiv, veći je nego kod punjenja i nije konstantan. Prema rezultatima ispitivanja ovaj odnos može se u gornjim područjima silosa uzeti kao linearna funkcija: $\lambda = a + u \cdot z$, gdje su »a« i »u« konstante određene mjerenjima.

$$b = \operatorname{tg}\delta_e \cdot \frac{O}{F} = \text{const.}$$

Nakon uvrštenja ovih vrijednosti u jednadžbu ravnoteže vertikalnih sila $\lessgtr V = 0$, prema sl. 3, dobije se:

$$\frac{dp_v}{dz} + b \cdot p_v (a + uz) = \gamma, \quad \text{odakle slijedi}$$

$$p_v = \gamma \cdot e^{-b\left(az + \frac{u}{2} \cdot z^2\right)}$$

$$\int e^{b\left(az + \frac{u}{2} z^2\right)} dz.$$

Tako proizlaze ostali pritisci

$$p_h = \lambda \cdot p_v = (a + uz) \cdot p_v$$

$$p_w = \operatorname{tg}\delta_e \cdot p_h.$$

Rezultati mjerenja pritisaka na modelu pokazali su, da se njihove veličine izračunate na osnovu navedenih izraza vrlo dobro slažu sa stvarno izmjerenim vrijednostima.

(Nastavit će se)

RIMSKE HIDROTEHNIČKE GRAĐEVINE U LIBIJI

Ing. Zorko Kos, Tripoli

1. Općenito

Dugoročna orijentacija privrednog razvoja Libije temelji se u prvom redu na razvoju poljoprivredne proizvodnje, kao i onih industrijskih grana koje su s ovom u najužoj povezanosti. Ogromna nalazišta nafte koja su otkrivena u ovim krajevima trebaju osigurati materijalnu bazu za ovaj poduhvat, te da na taj način bogatstva iz podzemlja povrate današnje aridno, besplodno i u većini slučajeva pustinjsko područje — u zelene, bogate i plodonosne površine, kakve su u nedavnoj prošlosti i bile. Igrom prirode, odnosno slučajnim okolnostima, treba zahvaliti da upravo tamo gdje je priroda na površini najškrtija i najsurovija, podzemlje je bogato i darežljivo. O umješnosti čovjeka zavisi kako će taj dar prirode upotrijebiti za restauraciju onog stanja flore i faune, kakav je ranije bio, i kojeg je čovjek u neprestanoj borbi s prirodom, za osiguranje svoje ekzistencije, ozbiljno narušio, a ponegdje i gotovo razorio.

Danas je gotovo sigurno utvrđeno da u bližoj prošlosti (od početka rimske vladavine do danas), osnovni elementi klime — oborine, temperature i vjetrovi, praktički ni u čemu se nisu izmijenili. Da je tome tako, svjedoče nam brojni zapisi putopisaca i historičara, te ostaci mnogobrojnih hidrotehničkih građevina iz toga doba. Veličina preljevnih organa na ustavama, vrsta i učestalost bujičnih pregrada i ostalih protuerozionih objekata, dužine mostova, položaj i konstrukcija upornjaka,

vrsta i visina obaloutvrda, količina i vrsta nanosa — daju dovoljno podataka za zaključiti o količini i intenzitetu oborina, maksimalnim protokama, brzinama i ostalom. Vrste irigacionih objekata i način navodnjavanja (plavljenjem u doba kiše), te nevjerojatno veliki broj objekata za zadržavanje vode, čak u predjelima koja su i danas relativno bogata vodom, jasan su dokaz da nijedan vodni tok nije imao karakter stalnosti, već da su to bile tipične bujice kao i danas, s prosječnim tokom od svega nekoliko puta godišnje, u trajanju od po koji sat, pa do ukupno nekoliko dana.

2. Kratak hidrografski i privredni pregled

Na temelju brojnih zapisa historičara i geografa proizlazi, da se osnovne hidrološke manifestacije libijskog bazena u proteklih 2500 godina mogu podijeliti na nekoliko karakterističnih razdoblja:

a) Razdoblje koje se proteže od početka kolonizacije, pa do približno kraja V vijeka, odnosno kraja rimske dominacije, općenito se smatra kao era »dovoljne vlažnosti« s bujnom florom i faunom i veoma bogatim nasadima. Treba odmah naglasiti, da se ovdje ne radi ni o kakvim povoljnijim klimatskim prilikama negoli su danas, već u prvom redu o naslijeđenim prirodnim bogatstvima. Tamo negdje od prvog milenija prije naše ere počinje intenzivno naseljavanje pospješeno u prvom redu veoma povoljnim prirodnim uslovima, te je ubrzo »opterećenje područja« stanovništvom postalo mnogo veće negoli su prirodni uslovi to dozvoljavali. Iskorištavanje prirodnih bogatstava, u prvom redu šuma, u količini daleko većoj negoli je to priraštaj dopuštao, narušilo je stabilitet elemenata flore i faune, pospješilo eroziju svih oblika, te u znatnoj mjeri »snizilo vlažnost« područja, odnosno iskoristivost oborina i drugih izvora vlažnosti se znatno smanjila.

Ovaj proces degradacije nije u svim krajevima zemlje išao jednakim tokom, već se znatno razlikovao. Dok je Cirenajka već u prvom stoljeću prije nove ere (po dolasku pod rimsku vlast) praktički bila već ekonomski propala, dotle je Tripolitanija tek ulazila u najveći prosperitet. Herodot spominje kako u Cirenajki postoje tri zone sazrijevanja voća, a berba traje 8 mjeseci godišnje. Prvih 15.000 koraka nalaze se bogate šume, drugih 15.000 čini zonu u kojoj se uzgaja žito, dok treća zona dužine 30.000 koraka a širine 250.000 koraka je zona silfija. To uglavnom odgovara opisu područja Benghazi—Tocra, prema unutrašnjosti. Ovdje uz morsku obalu imamo najprije prostranu ravnicu (šume) koja je danas uglavnom sterilno kamenito tlo, ponegdje obraslo šikarom i trnjem, te sporadično zasijano žitom, zatim dolaze strme padine Gebela koje tvore njegovu tzv. prvu stepenicu. Na ovoj stepenici proteže se prostrana i još i danas veoma plodna ravnica od nekoliko desetina hiljada hektara zemlje, u čijem je središtu poznati gradić Barce (prosječna nadmorska visina 350 m). Na ovoj ravnici se i danas gotovo isključivo uzgajaju žitarice. Iza ovog dolazi druga stepenica Gebela (gebel na arapskom znači planina) na čijoj visoravni prosječne nadmorske visine 600 m, sa oborinama koje i danas mjestimično u prosjeku prelaze 600 mm godišnje, to je tzv. zona silfija, koja je danas uglavnom pokrivena šikarama i degradiranim šumama, ali u kojoj dobro uspijevaju vinogradi i ostalo voće, te žitarice. U toj je zoni danas u izgradnji novi glavni grad kraljevine — Beda, a nalazi se u području najbogatijeg arheološkog rajona zemlje, čije središte čini drevni grad Cyrene.

Silfij je u doba grčke vladavine smatran kao najveće bogatstvo zemlje i kao najveće blago kojeg je priroda dala čovjeku. Po predaji, ta je biljka imala neobjašnjivu terapeutsku moć; korištena je i kao lijek i kao začin. Uslijed pretjerane eksploatacije, već dolaskom Rimljana (I vijek prije n. e.) bio je praktički potpuno istrijebljen, te je u doba Cezara smatran za čudotvornu biljku, a cijena mu je bila ravna cijeni zlata i dragog kamenja. Plinije spominje, kako je prigodom nekih svečanosti Neronu predat na poklon jedan jedini žbun silfija koji se još u Cirenajki mogao naći. Iz Plinijevih spisa doznajemo i o sastavu šuma Cirenajke, koje su u njegovo doba bile već prilično prorjeđene. Tu nalazimo nekoliko vrsta čempresa, zatim lentiscus, pinus helepensis, quercus ballota, lourus nobilis, olea europea, koje su uglavnom i danas zastupljene samo na ograničenim površinama i u jako degradiranom obliku.

Teofrast nam daje nešto potpuniju sliku ekonomskog stanja zemlje u njegovo doba. Po njemu, glavna bogatstva zemlje su pored silfija, vino, masline, građevno drvo — naročito za brodove, žito, parfemi i stoka (volovi, konji i koze). U to doba postojale su i farme nojeva, a poznato je da je još u doba Rimljana ta životinja gotovo nestala s ovog područja, iako se smatra da su neki primjerci živjeli sve do XVIII vijeka. Ujedno je interesantno napomenuti da deva — domaća životinja koja se pored ovaca i koza danas gotovo isključivo uzgaja, nije bila poznata u doba Grka, već se pojavila dolaskom Rimljana. Glavni izvozni produkti kojima su se snabdjevali grčki gradovi bili su žito, drvo, ulje, vino i stoka.

Herodot spominje kako je u dobrim godinama žito rađalo u omjeru 1 : 100 — tvrdnja koja se i dan danas veoma često može čuti od seljaka koji žive u bujičnim dolinama u unutrašnjosti zemlje, gdje se gotovo isključivo uzgaja ječam i natapa prirodnim prelivanjem (zone gdje su godišnje oborine obično ispod 100 mm godišnje). Natapanje zemljišta bilo je u to doba veoma malo razvijeno i ograničeno uglavnom na korištenje vode s brojnih izvora (u Cirenajki ih ima oko 100 s ukupnim kapacitetom od oko 800 l/sec). Naseljavanje područja bilo je isto tako usko povezano s postojanjem dobre izvorske vode, i ograničeno samo na te predjele.

U zapadnoj provinciji Libije, u Tripolitaniji, nije postojalo grčkih kolonija, te se rimski utjecaj



Sl 1

počeo širiti znatno ranije, tj. negdje u V vijeku prije n. e., najprije trgovačkim ugovorima s Kartagom, da bi nakon punskih ratova (I — od 264 do 241, II — od 209 do 201 i III — od 149 do 146 godine prije n. e.) i sloma Kartage postali suvereni gospodari.

Prva kolonizacija područja bila je u VII i VI vijeku prije n. e. osnivanjem gradova Sabratha (Abrotorum), Oea (vjerojatno na mjestu današnjeg Tripolia), Leptis Magna (poznata i pod nazivom Lepcis i Neapolis), od strane Tira, Feničana i Sidona, koji su u ove krajeve prebjegli nakon borbi s Grcima, uglavnom iz južne Italije.

I za ovo područje prvi hidrografski opisi su od Herodota, koji spominje da ovdje postoji jedan trajni vodni tok, koga naziva Cinifi (kasnije poznat kao Ciniphus Flumen — današnji Wadi Caam, koji se nalazi između Homsa i Zlitena). Po njemu ova bujica izvire na vrhu Gracija; ukupna dužina toka iznosi 200 stadija (oko 37 km), korito mu je na ušću široko oko 600 metara, itd.

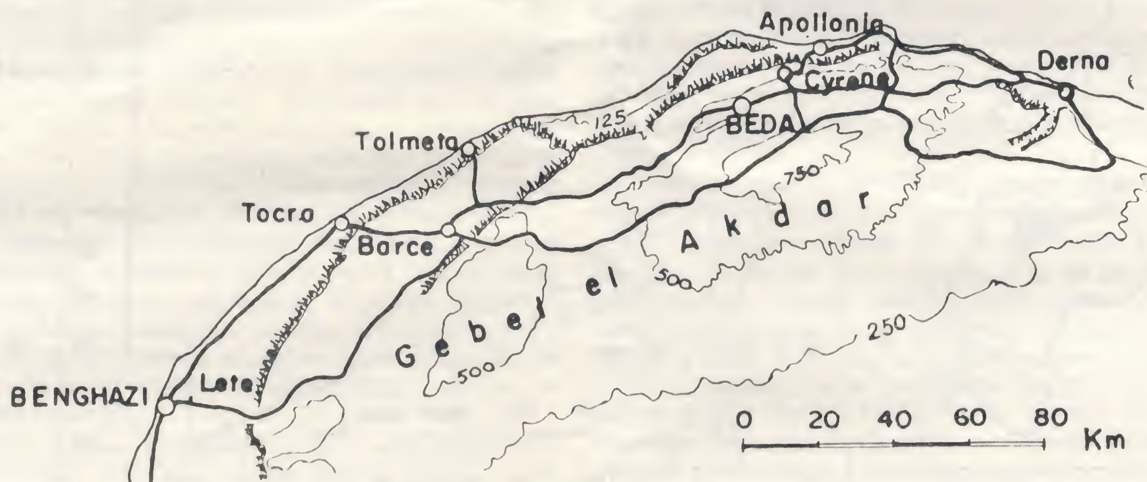
Sličan opis dao je nešto kasnije i Ptolomej koji ujedno navodi da je to jedini vodni tok u Libiji, koji ima trajni karakter. Često se u zapisima iz toga doba spominju močvare u porječju najdonjeg toka Wadi Caama, uglavnom u vezi gradnje mostova i prelaza preko njih. Ipak čini se najvjerojatnijim da ni u to doba nijedan trajni vodni tok u ovom području nije postojao. S takvom tvrdnjom slažu se mnogi kasniji i suvremeni historičari. Vjerojatno su i Herodot i Ptolomej posjetili ovo područje u vlažnim godinama, kada je Wadi Caam veoma bogat vodom. I danas u kišnim godinama on obiluje vodom, pa ponekad teče i preko

10 puta godišnje s protokama reda veličine do 200 m^3/sec. Osim toga, na donjem potezu bujice (oko 4 km od ušća) i danas ima nekoliko jakih izvora, ukupne izdašnosti oko 1000 l/sec, što može stvoriti dojam stalnosti toka.

Općenito se može primijetiti da opisi bujičnih tokova iz toga perioda uglavnom odgovaraju sadašnjem stanju. Njih karakteriziraju, u prvom redu, veoma široka, upravo ogromna korita (ponekad je čitava dolina — korito), relativno kratak tok, velike količine vučenog i suspendiranog nanosa, pad dna jednoličan i ravnomjeran, koji se postepeno smanjuje prema ušću. Mnogobrojne cisterne iz toga perioda, od kojih su neke i danas u upotrebi, a nalaze se ili u samom koritu ili u neposrednoj blizini na najvažnijim bujicama područja, jasan su dokaz da ti tokovi nisu mogli imati stalan karakter. Čini se da stvarne i značajne promjene kako u vodnom režimu, tako i u konfiguraciji terena, dogodile su se u ovim krajevima još u geološkoj prošlosti, odnosno u prethistorijskim epohama, i da od tada klima i reljef nisu pretrpili nikakvih promjena koje bi imale neko praktično značenje.

Najvažniji izvor iz toga doba je poznati arapski geograf Edrisi, koji je živio sredinom XII vijeka. Prema njegovoj karti iz 1154 Wadi Caam (poznati Ciniphus Flumen iz doba Ptolomeja) nema vode i malih je dimenzija, pa nije čak ni smatrao potrebnim da ga unese u mapu. Nijedan vodni tok u Libiji u to vrijeme nema karakter stalnosti. Štaviše, on smatra da je to isto bilo u doba Ptolomeja, koji inače i danas služi kao baza geografskih saznanja iz staroga vijeka, i gotovo je jedini više-manje mjerodavni izvor iz te epohe. Sva kasnija, pa i današnja djela iz te blasti, uglavnom se baziraju na njemu.

c) Do nekih bitnijih promjena u vodnom režimu središnjeg dijela Libije, izgleda, dolazi u nedavnoj prošlosti. Naime, mnogi izvori spominju da krajem XV vijeka jedan stalni vodni tok, koji izvire na južnim granicama Libije u planinskom lancu Tibesti, protječe središnjim dijelom države i utječe u zaliv Sirtike, te se po tome ona obično naziva i rijeka Sirtike. Prema tim izvorima, ta rijeka je postojala negdje između 1458. i 1676., i to razdoblje naziva kao doba »dovoljne vlažnosti«, a područje kojim je protjecala, bilo je, navodno,



Sl. 2

b) Drugo karakteristično razdoblje poklapa se približno sa srednjim vijekom, a glavna su mu obilježja nagla dekadencija u svim privrednim aktivnostima, praćena sušama, gladi i bijedom. Ovo se razdoblje proteže negdje od V vijeka pa do sredine XV vijeka, i poklapa se s periodom arapske dominacije. Doba između V i X vijeka može se smatrati prelaznom epohom, budući u to vrijeme nije još bilo došlo do punog izražaja negativno djelovanje pojedinih elemenata klime na ogoljelim i degradiranim površinama. Naime, arapski doseljenici zatekli su nevjerojatno veliki broj objekata za navodnjavanje, opskrbu i konzervaciju zemljišta i vode. Čini se, da su oni nastavili služiti se tim objektima, te su ih i održavali u prilično dobrom stanju, dok konačno negdje oko X vijeka nisu već dotrajali, te su u većini zauvijek napušteni.

veoma plodno, bogato i gusto naseljeno. Treba odmah naglasiti, da je to danas jedan od najpustijih predjela Libije, naročito uz obalu, praktički bez stalnih naseobina, nastanjeno s pokojim nomadskim plemenom.

Ribera 1529. navodi da u Sirtski zaliv utječe rijeka koja izvire u blizini Sv. Juana, južno od Rakove obratnice, tj. negdje na današnjoj južnoj granici države. 1541. Mercator je označava na mapi i određuje njen tok između $20^0\,30'$ i 30^0 sjeverne širine. Izvire u planini S. Tropico, u planinskom lancu Esar, koji pripada gorju Tibesti. Dalje se navodi, kako je u gornjem toku, s lijeva primala jedan pritok. Prema Dapperu 1676. ta je rijeka još uvijek postojala, bila je velikih dimenzija i u gornjem toku je primala jedan pritok, samo sada s desne strane. Čini se, da je između XV i XVII vijeka ta rijeka bila duga oko 800 km, te da je

njeno porječje bilo dobro opskrbljeno vodom. Pojava i iščezavanje ovako značajnog vodnog toka treba pripisati tektonskim i sličnim promjenama u području u zoni izvorišta, koje je uslovilo usmjeravanje toka u određenom pravcu, što se u režimu rijeka zna često dogoditi.

d) Posljednje razdoblje koje obuhvaća nešto više od zadnjih 200 godina, općenito se smatra slično onom iz srednjeg vijeka, tj. kao doba sterilnosti, napuštanja zemljišta, te znatnog smanjenja obradivih površina. Zemlja dobiva izrazito pustinjski karakter. U centralnom dijelu države, počevši od Misurate, pa sve do Benghazia, pustinja izbija na morsku obalu. Čini se, da je rijeka Sirtike nestala negdje krajem XVII vijeka, iako nije sigurno utvrđeno ni kada ni kako. Sasvim se sigurno zna da se 1761. nijedna rijeka više ne ulijeva u Sirtski zaliv, i jedini vodni tok koji izvire u planini Bardai u gorju Tibesti gubi se u pjescima u području Murzuka.

Nema nikakve sumnje da je proces osiromašenja vodnog bogatstva zemlje i danas u punom toku. Feünd još 1881. navodi kako Wadi Zem-Zem u svom donjem toku liči na pravo jezero s veoma bujnom vegetacijom, dok u okolici Tripolia mnogi stanovnici svjedoče kako su još prije 40-tak godina u kišnom periodu nastajale prave periodične močvare. U to doba izgrađen je i kanal za odvodnjavanje područja istočno od grada (u blizini Tagiure), koji i danas postoji, ali je već nekoliko godina potpuno suh.

Značajna promjena u ovom kraju dogodila se iza 20-tih godina ovog stoljeća, kada su se naglo počele širiti površine pod natapanjem, te uvođenjem u pogon mehaničkih sredstava za crpljenje vode. Vodni horizont, koji je tada praktički ponegdje bio na površini zemlje, stalno se spušta uslijed prekomjerne eksploatacije i danas se nalazi negdje na oko 20 metara ispod površine.

Libijska vlada danas poduzima ozbiljne korake da se zaustavi degradiranje oborinskih slivova, te da se pristupi restauraciji biljnog pokrova na njima. Već se nekoliko godina na širokom planu pošumljavaju ogoljeli brežuljci, a nedavno su zaključeni ugovori s nekoliko najpoznatijih svjetskih poduzeća za izradu studija i glavnih projekata za desetak najvećih i najvažnijih bujičnih područja u svim primorskim dijelovima zemlje, i to za izradu studija za kompleksno uređenje slivnih površina sa svim potrebnim hidrotehničkim i šumsko uzgojnim radovima, objektima za obranu od poplava i navodnjavanje, te naseljavanje nizvodnih dolina. Na ovom poslu sudjeluju i neka jugoslavenska poduzeća. Poznavanje hidroloških karakteristika u nedavnoj prošlosti, te objekata i sistema za čuvanje i korištenje vodnog bogatstva zemlje sagrađenih od naroda koji su prethodili našoj epohi, ima danas i svoje posebno praktično značenje.

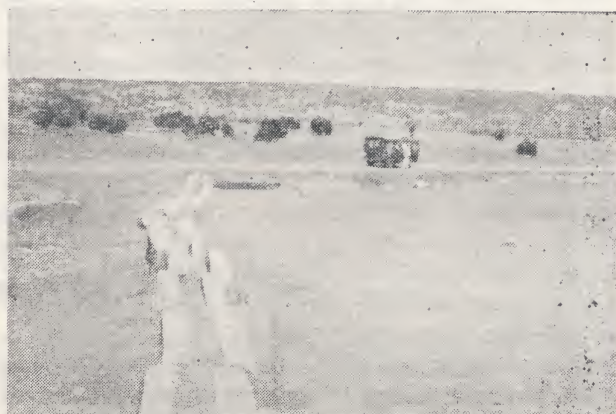
3. Objekti za opskrbu vodom

Ove su građevine najbrojnije, a osim toga jer su bile solidno građene i od čvrstih materijala, njihovi su ostaci lakše odoljeli zubu vremena, pa su pojedini elementi ostali sačuvani do danas. Najstarije građevine ove vrste podignute su u Cirenajki, i to upravo u Cyreni kao kulturnom, političkom i privrednom središtu ove drevne grčke kolonije. Iz tog najranijeg razdoblja nije mnogo sačuvano; zna se da su današnji izvori Sahat i Hoffra bili kaptirani i korišteni još u grčko doba. Kako se vrelo Sahat nalazi gotovo u centru drevne Cyrene (arapski Sahat) to je imalo posebno značenje u razvoju ovoga grada. Vrelo se nalazi na dnu potoka, teškog pristupa, a izvire u dubini jedne pećine, što mu daje posebno mističko obilježje. To je vjerojatno bio povod da se u njegovoj neposrednoj blizini izgradi svetište posvećeno Apolonu, po kome je tada dobio i ime.



Sl. 3

U doba Augusta gradi se čitav niz novih objekata, među ostalim i novi dovodni kanal isklesan u litici brda, koji je i danas u pogonu. 18 god. pr. n. e. svećenik Dionizije Sota uređuje izlaz vode iz pećine, dok carski guverner Clodio Vestale gradi na obronku brda, duž toka odvodnog kanala, veliki



Sl. 4

broj rezervoara koji su korišteni uglavnom kao bazeni za kupanje. Na sl. 3 vidi se jedan takav bazen izgrađen na dovodnom kanalu izvora Hoffra, a sastoji se iz dviju komora isklesanih u litici. Rezervoar se danas koristi za akumulaciju vode iz izvora, odakle se cijevima odvodi na polja u obližnju dolinu i koristi za natapanje. Slično je bilo i u starom vijeku. Naime, višak vode se i tada odvodio u dolinu koju je presjecao jedan kanal izgrađen iz klesanih kamenih elemenata, presjeka oko 20 × 20 cm i dužine komada od po cca 1,5 m. Trasa kanala je i danas jasno vidljiva (sl. 4), na potezu gdje presjeca cestu.

Današnji kapacitet izvora Sahat i Hoffra iznosi oko 8 l/sec a zajedno s još nekim manjim izvorima u neposrednoj blizini, ukupna raspoloživa količina vode ne prelazi 10—12 l u sec, što je sigurno bilo premalo u kasnijoj fazi razvoja ovoga grada. Zbog toga je na oko 6 km južnije od Cyrene, u jednoj blagoj terenskoj depresiji, uz neposrednu blizinu ceste, kod sela Saf-Saf, sagrađen jedan poveći rezervoar u dva dijela. Ovaj rezervoar, ili bolje rečeno cisterna, vjerojatno je služio za rezervu vode za grad u vrijeme ljetnog sušnog perioda. Izveden je u vidu potpunog polukružnog svoda iz kamenih klesanaca 80 cm debljine, raspona 9 metara, s dnom oko 3 m ispod kote okolnog terena. Ukupna dužina građevine iznosi oko 300 m, te je prema tome njena korisna zapremina, računajući s punjenjem samo do kote terena, prelazila 8.000 m³. Temelji građevine, odnosno njen ukopani dio iskopan je u čvrstom kamenu vapnencu, a cijeli je objekat ožbukan. U visini terena ostavljeno je nekoliko pravokutnih otvora 20 × 25 cm, kroz koje je dotjecala voda.

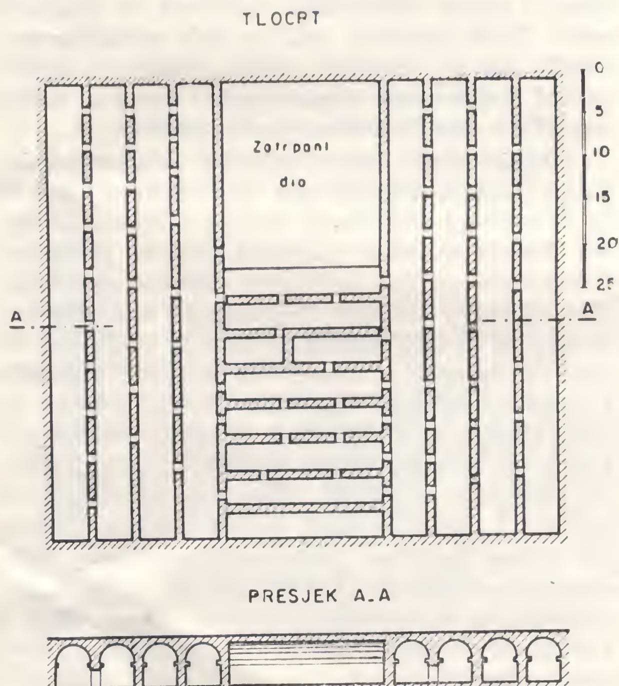
Apollonia (današnja Susa) kao luka Cyrene bila je u starom vijeku veoma važan centar, a u doba grčke dominacije najvažnija luka Libije, te jedna od najprometnijih na Sredozemlju. Većina izvoza ove bogate kolonije išla je preko ove luke, te, prema ostacima, bila je dobro zaštićena lukobranima. Kako se grad nalazi na morskoj obali duž uskog pojasa ravničastog terena, a prema unutrašnjosti se uzdižu padine Gebela el Akhdar, na čijem vrhu dominira Cyrene (udaljenost zračnom linijom je oko 10 km, a visinska razlika oko 600 metara), to se na podnožju ovih brežuljaka u dubokim dolinama pojavljuje nekoliko značajnijih izvora (kojima se i Cyrene opskrbljuje). Ova je okolnost u znatnoj mjeri povoljno riješila pitanje opskrbom dovoljne količine pitke vode, koje je u ovdašnjim prilikama bilo i ostao jedan od primarnih komunalnih problema svakog značajnijeg naselja. Tako se ovaj grad opskrbljivao iz jednog izvora udaljenosti svega 3 km, koji je s naseljem bio povezan dovodom izgrađenim kao i drugdje, iz klesanih kamenih žljebova. Ovaj je vod na nekim dijelovima još sasvim dobar. Grad se i danas služi izvorom, samo je kameni žlijeb sada zamijenjen cijevovodom. U široj okolici ima još nekoliko izvora koji su bili kaptirani i uređeni u to davno doba, a kojim se i danas djelomično koriste (npr. Ain Stuar, kapaciteta oko 50 l/sec.).

Od ostalih objekata za opskrbu vodom u ovoj provinciji, svakako je spomena vrijedan vodovod Tolmete (stari nazivi Tolemaide i Ptolemais) sagrađen vjerojatno negdje u I vijeku n. e. Za ovu svrhu kaptiran je jedan izvor u Wadi Habun, 22 km istočno, a voda je dovođena kanalom iz klesanih kamenih žljebova, obloženih nepropunim malterom. Na prelazima preko bujičnih tokova građeni su akvadukti, od kojih se jedan vidi na sl. 5 (preko Wadi Zuani). Po svemu se čini, da su ovi akvadukti ujedno služili i kao mostovi za cestovni saobraćaj.



Sl. 5

Najveća vodosprema ovog sistema prikazana je na sl. 6. Nalazi se u samom gradu. Sagrađena je iz pravilnih kamenih klesanaca sa svodovima raspona 4 i 3 m, a ukupna dužina galerija iznosi 650 m. (8 galerija od po 52 metra i 13 galerija od po 18 metara — u sredini dijelom još zatrpane). Prema tome ukupna korisna zapremina rezervoara je iznosila nešto manje od 8.000 m³, ako se uzme u obzir mogućnost punjenja samo do nožice svoda, odnosno sa slojem vode od 3 m. U tjemenu svoda, na pravilnim razmacima, ostavljeni su otvori za uzimanje vode.

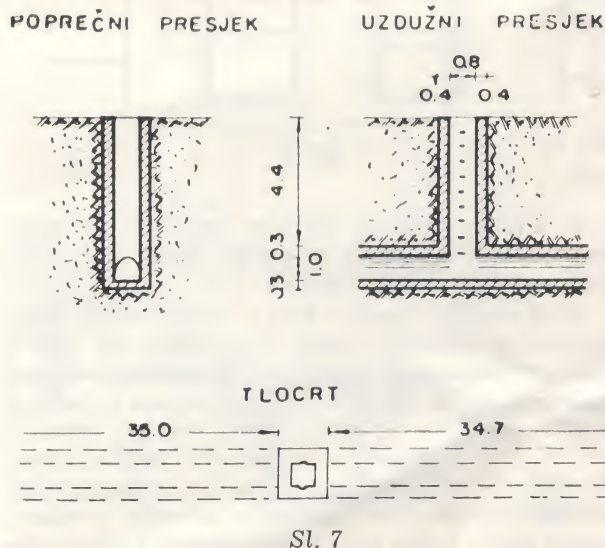


Sl. 6

Uslijed čestih potresa koji su ovo područje pustošili tokom IV vijeka, vodovod je pretrpio znatna oštećenja, te već u doba cara Justinijana nije bio u pogonu. Kako se uslijed nestašice vode stanovništvo naglo smanjivalo, a čitav kraj zapao u ekonomsku krizu, to se u V vijeku pristupa njegovoj obnovi. To je dalo poticaj za ponovno naseljavanje grada i oživljavanje privredne aktivnosti. Prema Edrisi, taj je vodovod u XII vijeku bio još uvijek u pogonu, a Tolmeta je tada bila najvažniji i najveći grad u čitavoj provinciji.

Interesantno je rješenje ove vodospreme usporediti s onom iz Saf-Safa, pogotovo jer se radi o objektima gotovo jednakog kapaciteta. Dok je tamo korisna zapremina od 8.000 m^3 postignuta sa svega dvije komore raspona 9 m i dužine 300 m, ovdje je za taj volumen bilo potrebno sagraditi čitav labirint tunela, ukupne dužine 650 m. Glavni razlog za usvajanje potpuno drukčije dispozicije građevine (četvrtastog oblika) i znatno smanjenje raspona svodova, treba tražiti u prvom redu u potpuno drukčijim uslovima temeljenja. Dok je u prvom slučaju graditelj raspolagao s čvrstom stijenom, koja je omogućavala direktan prenos znatnih vertikalnih i kosih sila u stopi svoda bez posebnog i skupog temeljenja, dotle je u drugom slučaju, gdje je građevina podignuta na aluvijalnim nanosima, valjalo opterećenje ravnomjerno rasporediti na što veću temeljnu plohu.

Prije negoli pređemo na opisivanje građevina ove vrste u zapadnom dijelu države, vrijedno je spomenuti da se u drevnoj Pentapolis nalazi jedan prirodni fenomen, koji je zaokupljao misli brojnih ličnosti, počevši od Homerovog doba pa do naših dana. Radi se o Lete — poznatoj rijeci iz podzemnog svijeta, prema grčkoj mitologiji, a u stvari jednoj kraškoj ponornici koja čitavim svojim tokom teče podzemnim kavernama i ulijeva se u more u području zvanom Plava laguna, nekoliko kilometara istočno od Benghazija. Njen je tok u donjem dijelu obilježen s nekoliko većih vrtača, sličnih malim jezerima, s relativno slatkom vodom (koristi se za natapanje i piće) i približno konstantnim nivoom. Ove su vrtače vjerojatno nastale odronjavanjem krovine podzemnih kaverni u prošlosti. Tok ove ponornice je i danas potpuno neistražen, iako je od najstarijih vremena bilo pokušaja prodiranja u podzemne hodnike i galerije. Najdalje se doprlo do tzv. »treće dvorane«.



Sl. 7

U novije doba nijedan ozbiljniji pokušaj nije poduziman, iako s modernim sredstvima to više ne predstavlja problem. Čini se da je voda na »glavnom ulazu« korištena za natapanje još u najstarijim vremenima, jer se uz Lete u starim spisima spominju i legendarni vrtovi Esperida sa svetom šumom, iako nikakvi tragovi o tome još do danas nisu pronađeni. U svakom slučaju bilo bi veoma korisno temeljito istražiti ovaj tok, jer postoji vjerojatnost da se odavde gube u more znatne količine kvalitetne vode reda veličine od nekoliko stotina litara, pa čak i do nekoliko m^3 u sekundi, što je od neprocjenjive vrijednosti u ovom aridnom ambijentu. Pisac ovog članka je još sredinom 1963. uputio prijedlog libijskim vlastima i sačinio idejno rješenje za korištenje ovog vodnog bogatstva.

U zapadnom predjelu države, poznate pod nazivom Tripolitanije (po Tripoliu, glavnom gradu koji je još u starom vijeku dobio ime po tome što je bio prijestolnica, tada triju gradova — tri polis — koji su sačinjavali ovu provinciju, i to Sabratha, Oea i Leptis Magna) ima nekoliko značajnijih sistema za opskrbu vodom, i neke su nam građevine ili pojedini elementi ostali sačuvani do naših dana. Kao i u drugim krajevima svijeta, i ovdje ove građevine zadivljuju kvalitetom izvedbe i dimenzijama.

Od svih ovih gradova je svakako najzanimljiviji, najveći i najbolje uščuvan Leptis Magna (ili Neapolis), kojeg se uostalom danas smatra jednim od najuščuvanijih rimskih gradova uopće. Njegov najveći prosperitet je zabilježen u II i III vijeku n. e., i to u prvom redu zahvaljujući veoma bogatoj okolini i zaleđu. Iz tog razdoblja datira i poznata luka sagrađena u estuariju Wadi Lebda, nakon što je ovome skrenut tok. Lučki bazen veličine oko 400 × 400 m ima i danas veoma dobro uščuvane lukobrane i kejove. U ovome gradu se rodio 146 g. n. e. i poznati rimski car Septimus Severus koji je grad ukrasio brojnim spomenicima i građevinama, među kojima su najpoznatiji — carska palača, bazilika, terme i kazalište. Stanovništvo i komunalne službe opskrbljivani su vodom s brojnim javnim i privatnim cisternama smještenim u samome gradu, te sa dva odvojena vodovodna sistema, čije neke elemente prikazujemo na sl. 7 i 8. Oba ova sistema sagrađena su za vrijeme cara Hadrijana, i približno u isto vrijeme.

Prvi vodovod koji je uzimao vodu iz Wadi Caama imao je dovod dužine 22 km s glavnim elementima prikazanim na sl. 7. Zahvat se nalazio kod velike preljevne brane ovog bujičnog toka, cca 6 km uzvodno od ušća, a voda je dotjecala samo

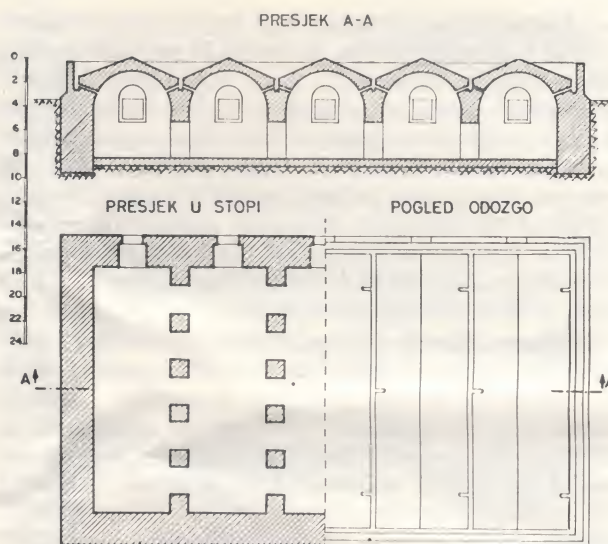
za vrijeme protoke, odnosno jačih kiša i spremala se u velike javne cisterne u gradu.

Drugi sistem nalazio se na Wadi Lebda u neposrednoj blizini grada, a sastojao se od nekoliko velikih vodosprema za sezonsko uskladištenje vode, koje su smještene na samoj obali ovog bujičnog toka, i to tako da je voda za vrijeme protoke dotjecala gravitacijom.

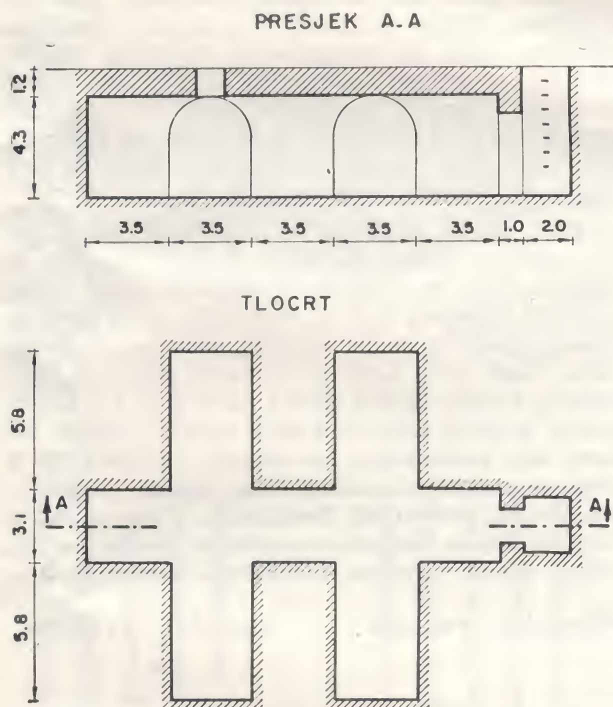
Na sl. 8 prikazan je jedan od tih rezervoara koji je poznat pod nazivom južne vodospreme i koji je na sreću veoma dobro uščuvan. Zidovi su izvedeni iz običnog lomljenog kamena u vapnenom malteru, dok je svod građen kombinacijom kamena i opeke. Unutrašnje površine su ožbukane finim vapnenim malterom, veoma glatkim i pravilnim. Iako je podignuta na aluvijalnim nanosima, zahvaljujući masivnosti konstrukcije i solidnosti izvedbe, građevina je ostala neoštećena gotovo 2.000 godina. Zna se da je čitav ovaj sistem vodosprema sagrađen između 119 i 121. godine. Voda je u rezervoar dotjecala kroz otvore (vidi crtež) koji se nalaze na dužoj strani građevine, smještene paralelno toku bujice. Pokrov i žljebovi za sakupljanje kišnice obloženi su malterom boje cigle, vjerojatno spravljenim od vapna i vulkanskog pepela, ali je potpuno nepropustan i veoma čvrst. Ova je obloga i danas potpuno uščuvana, a debljine je oko 1 cm.

Problem opskrbe vodom grada Sabrathe, drugog po veličini u ovoj nekadašnjoj pokrajini, bilo je daleko složenije riješiti. Ovdje u neposrednoj okolici ni na površini ni u podzemlju nema pitke vode, te se u prvo vrijeme opskrba bazirala isključivo na sakupljanju kišnice. Jedna cisterna javnog karaktera prikazana je na sl. 9. Ovaj tip cisterne s okomitim galerijama malog raspona, veoma je karakterističan i predstavlja tipsku građevinu toga doba. Prikazana cisterna spada u red srednjih građevina te vrste iz tog perioda (korisna zapremina oko 500 m^3).

U toj veoma aridnoj sredini (prosječne godišnje oborine u Sabrathi iznose ispod 200 mm) u kasnijoj fazi razvoja grada, kao veoma važne luke na Sredozemlju, bilo je nemoguće osigurati solidno snabdjevanje vodom jedino sakupljanjem kišnice, pa se pristupilo kaptaži izvora Rabta Sciarghia, koji se nalazi u podnožju Gebela. Na svjevernoj nožici Gebela, gotovo u pravilnim razmacima od 30—40 km nalazi se čitava serija vrela ili dekoncentriranih izdanaka vodonosnih slojeva, čiji su kapaciteti s aspekta opskrbe gradova uglavnom beznačajni (najbolji imaju izdašnost oko 1 l/sec). Među ovima izdvaja se raspoloživom količinom spomenuta Rabta, koja danas raspolaže s oko 10 l/sec, i koja se nalazi najbliže Sabrathi (udaljenost zračne linije »svega« 76 km). Uslijed povoljne konfiguracije terena, odnosno konstantnog, gotovo jednoličnog pada prema obali, vodovod je bilo relativno lako izgraditi, jer je gotovo čitavom trasom prolazio površinom terena (sl. 10). Izuzetno kod prelaza preko malobrojnih brežuljaka, kopani su podzemni tuneli sličnog profila. Danas je ovaj golemi dovodni sistem gotovo potpuno razoren, jedva se na pojedinim mjestima mogu razabrati ostaci, koji svjedoče o veličini ovog zahvata.

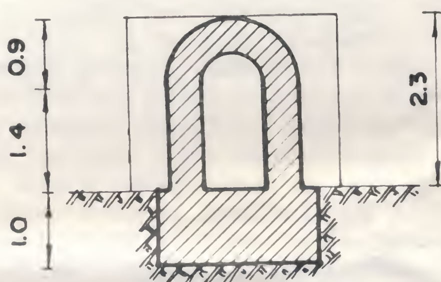


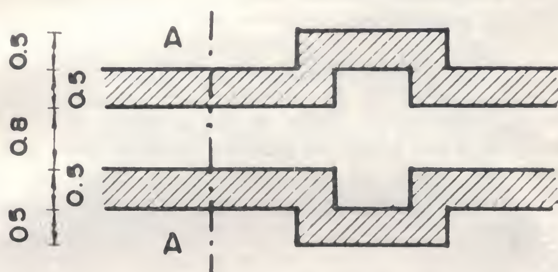
Sl. 8



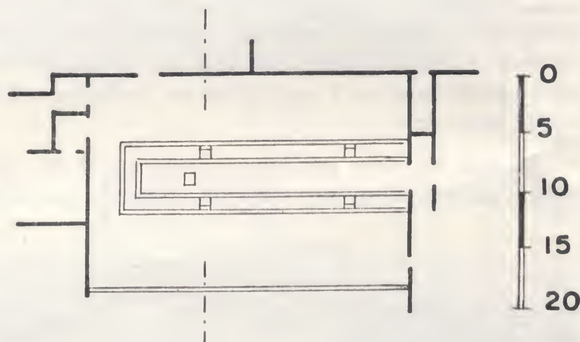
Sl. 9

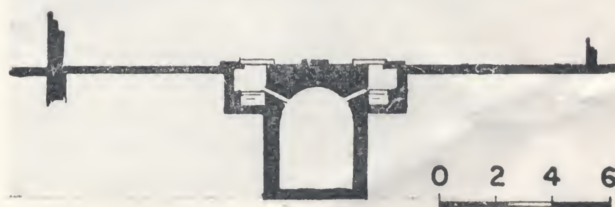
Kod manjih naselja, kao i pojedinačnih kuća, građene su cisterne manje zapremine, već prema potrebi, odnosno broju stanovnika koje je trebalo opskrbiti. Na sl. 11 prikazana je cisterna jedne vile koja se nalazila na nekadašnjoj rimskoj farmi u blizini Zlitena. Cisterna predstavlja tipično rješenje iz toga vremena: smještena je u unutrašnjem dvorištu zgrade, tzv. impluviju, a voda je dotjecala s dijela krova koji je bio nagnut prema unu-





Sl. 10





Sl. 11

trašnjosti kao, i čitave površine, slijepog dvorišta ukrašenog mozaicima. Interesantno je rješenje taložnice za pijesak, izvedeno s dva uzdužna žlijeba koji su ujedno sakupljali vodu s čitave površine.

Jedno od najinteresantnijih područja rimskog hidrotehničkog graditeljstva u Libiji, koje po uloženom radu i po veličini postignutog efekta, prelazi bilo koju građevinu te epohe, predstavljaju cisterne za opskrbu stoke i seoskog stanovništva, koje su u velikom broju izgrađene u svim poljoprivrednim rajonima zemlje. Ove su građevine većinom izvan uobičajenih saobraćajnica, svugdje raštrkane, daleko od gradskih aglomeracija, izdubljene ispod površine zemlje, danas zatrpane i napuštene, te uglavnom teško uočljive. Do danas nisu sačinjeni gotovo nikakvi statistički podaci o broju i veličini postojećih cisterni, a pogotovo ne onog stanja koje je bilo u rimsko doba, tako da je veoma teško i približno ocijeniti veličinu i broj ovih objekata.

Samo između 1957 i 1962. god. restaurirane su na području Cirenajke 1254 cisterne, ukupne zapremine 426.000 m³, dok je u Tripolitaniji u istom razdoblju obnovljeno 7127 jedinica, ukupnog volumena 570.000 m³. Gotovo sve ove cisterne potječu iz rimske epohe. Znatna je razlika u veličini ovih objekata između ovih dviju provincija; dok u Cirenajki prosječna zapremina iznosi oko 340 m³, dotle je u Tripolitaniji jedva 80 m³. Neki stručnjaci, koji su više godina radili na proučavanju i obnovi ovih građevina, te su prema tome dobri poznavaoci ovog stanja, smatraju da je u rimsko doba u čitavoj Libiji bilo izgrađeno u svim priobalnim poljoprivrednim rajonima zemlje ne manje od 30.000 jedinica s ukupnom korisnom zapreminom od oko 4 miliona m³.

Današnje stanje stoke (oko 3 miliona grla, uglavnom ovaca i koza) i stanovništva u tim krajevima ne traži ovoliku količinu vode. Zbog toga se nastoji obnoviti samo onoliku zapreminu cisterni koliko današnje stanje pašnjaka i općenito vegetacija dopušta. Naime, uslijed uglavnom nomadske prirode stočarstva (naročito u Cirenajki), koncentracija stoke na određenom području u direktnoj je zavisnosti od raspoložive količine pitke vode. Kako današnje stanje vegetacije nije u mogućnosti uzdržavati isti broj grla po jedinici površine kao što je to bilo u rimsko doba, to bi obnova svih starih cisterna stvorila za današnje prilike preveliko opterećenje po jedinici površine, a s tim u vezi neminovno daljnje pustošenje i degradiranje pašnjaka i šumaraka.

Veoma je teško klasificirati ove građevine jer nailazimo na veliki broj tipova i rješenja, što uglavnom zavisi o terenskim prilikama, materijalu; međutim, naročito u Cirenajki, cisterne se mogu uglavnom podijeliti na ove dvije skupine:

a) Prvi tip cisterna građen je na taj način, što se u površinskom vapnenačkom sloju, čija se debljina obično kreće između 0,5 i 2,0 metra izbuši jedan okrugli ili kvadratni otvor koji služi za izvoz materijala, a kasnije za crpljenje vode. Ispod tog pok-

krovnog sloja redovito se nailazi na sloj vapnenca znatno manje tvrdoće, u kome se iskopa rezervoar cisterne, tako da površinska čvrsta ploča tvori u stvari prirodan koprov cisterne. Oblik i veličina rezervoara uvelike varira od slučaja do slučaja, te uglavnom zavisi od vrste materijala u kome je izveden, površine nakapne plohe, te potrebe za vodom. Zapremina uglavnom varira od 30 do 3.000 m³, ali je pronađeno cisterni čiji je volumen dosizao i 15.000 m³. Manje od njih imaju samo po jednu komoru, dok najveće imaju čitav labirint radijalnih i drukčije poredanih galerija. U većim komorama su obično ostavljeni prirodni stupovi prilikom iskopa. Visina korisnog prostora za uskladištenje vode varira prema veličini objekta i terenskim uslovima, i kreće se između 1,5 i 8,0 m. Nakon završenog iskopa, cisterna je redovito ožbukana nepropusnim malterom, spravljenim od vapnenog mlijeka, pijeska i zemlje. Iza toga sve su se galerije punile drvom (granjem) koje se potom palilo, da bi žbuka postala potpuno nepropusna, te je na površini dobivala glazuru. Mnoge cisterne imaju veći broj slojeva paljene žbuke, što je dokaz da nije uvijek postignut zadovoljavajući uspjeh, te se postupak ponavljao. Voda se u cisternu dovodila iz slivne površine pomoću običnih zemljanih jaraka ili se omanji susjedni vodotok (potok, vododerina) pomoću jarka i nasipa skretao u cisternu.

b) Drugi tip cisterne građen je na taj način, što je prirodni pokrov opet služio kao pokrovna ploča, ali kako se ispod toga nalazio materijal nedovoljne nosivosti, to su se stijene najprije ojačale kamenim zidem, a potom ožbukale, kao kod prvog slučaja. Kod slučaja gdje je pokrovna ploča male nosivosti i debljine, rezervoarski je prostor redovito izvođen brojnim radijalnim galerijama. Cisterne su obziđivane kamenim zidem u vapnenom malteru, a pokrov izveden kao svod.

4. Objekti za navodnjavanje i zaštitu zemljišta od erozije

Građevine ove vrste sačuvane su u najmanjem broju, iako se čini da su u antičko doba bile zastupljene u najvećem broju. Pravih objekata za navodnjavanje s konstantnim dotokom vode bilo je veoma malo i bili su ograničeni samo na istočni dio zemlje, gdje je u tu svrhu korišteno nekoliko značajnijih izvora. Ponekad je veoma teško razlučiti što spada u radove navodnjavanja, a što u protuerozione građevine, jer svi ovi objekti ovdje imaju jedinstvenu funkciju. Čitava bujična područja su redovito uređivana terasama, građenim po slojnicama, zasijavana usjevima, a u najdonjim potezima bujica — građene su usporne i derivacione brane s brojnim preljevima i razvodnim kanalima za navodnjavanje.

Pored već spomenutih izvora u okolici Cyrene, koji su bili korišteni i čija je voda djelomično upotrebljavana za navodnjavanje, u tom predjelu je bilo još i nekoliko »pravih« natapnih sistema. Najpoznatiji od njih su Derna i Aain Mara. Natapni sistem Derna koristio je vode dva jaka izvora koji se nalaze u istoimenom bujičnom toku, a služila su za natapanje vrtova u gradu — uglavnom na isti način kako se to i danas čini. Raspoloživa količina vode ovdje iznosi oko 220 l/sec. Sistem Ain Mara nalazi se na visoravni, blizu morske obale, u jednoj blagoj dolini, i koristi vodu grupe od pet snažnih kraških vrela ukupne izdašnosti oko 120 l/sec. Na sl. 12 vidi se jedan od glavnih natapnih kanala koji je izgrađen u rimsko doba, i koji je i danas u pogonu. Naime, po obodu doline, s obje strane, postojali su glavni natapni kanali iz kojih su se zatim granali sekundarni i razvodni, i tako natapala čitava dolina. Kao što se iz slike vidi, kanali su na pojedinim potezima uklesani u liticu brda, pa su se sačuvali do naših dana. Danas se veći dio raspoložive vode uopće ne koristi, već otječe u potok, a djelom i nanosi štetu jer preplavljuje najbolji dio zemljišta.

U ovim pokrajinama ima veoma veliki broj ostataka građevina za zaštitu zemljišta od erozije. Prema ruševinama koje se tu i tamo mogu još nazrijeti, a od kojih su poneke mnogo puta nadograđivane, može se zaključiti da su čitavi slivovi velikih prostranstava, ponekad od više stotina kvadratnih kilometara, bili potpuno uređeni; naime, bujični su tokovi bili pregrađeni pregradama zbog postizanja konpenzacionog pada, a slivna površina terasirana i obrađivana. Čini se, da su ovi protuerozioni sistemi, sastavljeni prvenstveno na bazi terasa po izohipsama, udovoljavali ovim uslovima: a) uređivani bujični tokovi nosili su nanose produktivne i obradive zemlje, b) terasirano područje bilo je pokrivene slojem obradivog zemljišta takve debljine, koje je osiguravalo odgovarajući rezervoar vlažnosti, c) voda koja je protjecala terasama i koritima bujica bila je podvrgnuta posebnom režimu i potpuno kontrolirana unutar čitavog protuerozionog sistema, d) terase su bile ekonomski korisne i podnosile su troškove održavanja sistema.

Mnoga bujična područja, koja su u to doba mogla udovoljiti ovim uslovima, danas to ne mogu,



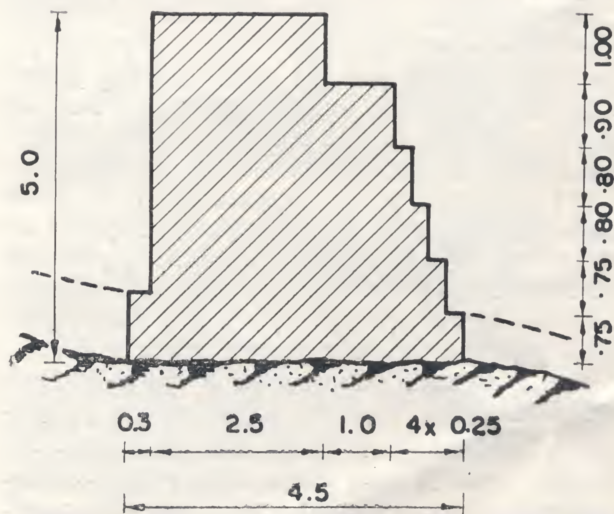
Sl. 12

najčešće zbog erozije i znatnog osiromašenja sliva. Čini se, da su glavni razlozi rušenja i napuštanja ovih građevina: a) povećanje protoka, odnosno koeficijenata oticanja na površini i povećanje pronosa nanosa uslijed ubrzanih procesa erozije na dijelu uzvodno od tih građevina; b) povećanje troškova održavanja i smanjeni prinosi uslijed erozije uzvodne slivne površine; c) ratovi, promjene vlasti i drugi socijalno-politički događaji otežavali su održavanje, a ponekad i mijenjali odnos društva prema tim problemima.

U Tripolitaniji je gotovo čitavo brežuljkasto područje sjevernog sliva, počevši od Tripolia pa nešto istočno od Misurate, i u dubini od oko 150 km, bilo uglavnom terasirano i uređeno. Ima bujičnih područja gdje se na relativno kratkom potezu može naći ostatke od desetak pregrada. Na sl. 13 prikazana je jedna pregrada na Wadi Kseia, pritoci Wadi Caama. Presjek ove pregrade dat je na sl. 14. Interesantno je napomenuti, da je ova bujica bila potpuno uređena, jer se nalaze ostaci ovih građevina na svakih 100—300 m. Sl. 15 prikazuje jednu drugu pregradu na istoj bujici, i to uzvodno, na



Sl. 13



Sl. 14



Sl. 15



Sl. 16

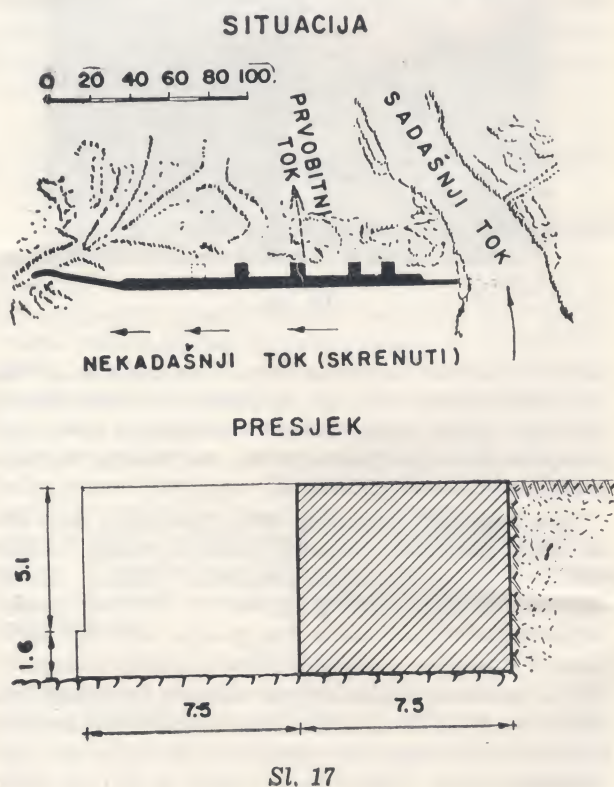
samom početku bujičnog toka. Pregrada je ostala neoštećena zbog toga, jer uzvodno ima malu slivnu površinu, pa je i mala količina vode koja preko nje protječe. Ovo je ujedno jedan od veoma rijetkih slučajeva u ovom području.

Na najvećim bujicama ovog područja, kao što su Hira, Megenin i Caam, postoje veoma dobro očuvane prave dolinske pregrade. Naime, rimski bujičari kompleksno i potpuno su rješavali svako bujično područje. Nakon što je čitav sliv bio terasiran i zasađen, a bujični tokovi uređeni stepenicama, na izlazu iz planinskog odnosno brežuljkastog područja, vodotok je redovito na pogodnom profilu pregrađen snažnom branom, koja je u cijelosti zatvarala dolinu. Pregrada je imala u prvom redu

funkciju derivacione građevine, te su se na jednoj ili na obim obalama gradili preljevi s glavnim natapnim kanalima, koji su bili u pogonu samo za vrijeme kiše, odnosno proticanja vode. Na sl. 16 vide se preljevni organi (dva preljevna polja) derivacione brane na Wadi Negeninu. Dio brane na obalama je sasvim dobro očuvan, dok je u koritu građevina potpuno odnesena. Na Wadi Caamu postoji slična građevina, duga više od jedan kilometar, visoka 5—15 m, a isto toliko i široka u temelju. Na lijevoj obali je imala veliki broj preljevnih polja, odakle je voda direktno otjecala na natapno zemljište.

Na sl. 17 prikazana je situacija i presjek brane na Wadi Lebda, u blizini grada Leptis Magna. Sagrađena je u svrhu skretanja toka ove bujice, čije je ušće korišteno za gradnju luke (grad se nalazio na lijevoj obali vodotoka), pa su nanosi prijetili zamuljivanju čitavog bazena. Interesantno je napomenuti, da neki historičari smatraju da upravo rušenju te brane treba pripisati glavni razlog napuštanja grada. Naime, još ni danas nije sa sigurnošću utvrđeno koji je pravi razlog da je grad napušten. Neki historičari navode najezdu barbara, drugi potres, a neki rušenje (proboj) ove brane. Naime, prigodom rušenja, poplavljen je i dijelom uništen najljepši dio grada, koji se protezao uz vodotok, kao i čitava luka. To je izazvalo paniku među stanovništvom, koje se više nije usudilo tu nastanjivati.

Jedan poseban način natapanja koji je dosta bio raširen u rimsko doba, a koji je i danas veoma popularan, naročito u unutrašnjosti zemlje, temelji se na umjetnom stvaranju poplava. Naime, u uskim bujičnim dolinama relativno malog pada i s plodnim zemljištem, umjetnim se putem sprječava obrazovanje korita vodotoka. Čitava se dolina na pravilnim razmacima pregrađuje poprečnim zidovima, koji imaju zadatak da ravnomjerno rasporede vodu na čitavu površinu. U stvari čitava se dolina pretvara u vodotok. Na taj se način postižu zadovoljavajući prinosi žitarica i maslina u nekim dolinama u unutrašnjosti zemlje, gdje su godišnje oborine u prosjeku čak i ispod 100 mm, i gdje ne postoje druge mogućnosti navodnjavanja.



Sl. 17

Jedan od najkarakterističnijih primjera za ovu vrstu navodnjavanja je Beni Ulid. Ova je dolina dugačka oko 20 km a široka u prosjeku 200—300 m. Na čitavom ovom potezu pregrađena je zidovima iz kamena visine 1—2 m, na razmaku 100—150 m, kojima je zapravo dolina pretvorena u veliki broj blagih terasa koje su u doba kiša plavljene slojem vode 10—15 cm. U ovom slučaju je uzvodna slivna površina oko 50 puta veća od natapne, odnosno od od površine koja oborinsku vodu tog sliva koristi. Kod ove vrste natapanja najvažnije je postići ravnomjerno raspršivanje, odnosno spriječiti obrazovanje koncentriranog toka vode.

5. Zaključak

Nije za čuđenje što su se bazilika Leptis Magne, kazalište Sabrathe ili hramovi Cyrene sačuvali do naših dana. Ove građevine, osnovane od najboljih graditelja svoga doba, građene od probrana i postojana kamena i ukrašene raznobojnim mramorima iz Egipta, Grčke i Italije, lako su odoljele zubu vremena. Za čuđenje je, međutim, što pregrade na Wadi Caamu, vodospreme Tolmete ili terase Beni Ulida i danas mogu služiti istoj svrsi kojoj su ih njihovi graditelji namijenili. Ove građevine, u većini osnovane od samoukih majstora pojedinog područja, sagrađene od običnog, neobrađenog kamena potočnjaka i paljenog vapnenca, živi su svjedoci kako je u ovakvim zahvatima za kvalitet radova daleko važnija umješnost i vještina i temeljito znanje zanata i lokalnih uslova, od sredstava rada i materijala koji stoje na raspolaganju.

Ovdje izloženi primjeri hidrotehničkog graditeljstva od prije dva milenija svjedoče o visokom stepenu tehničke kulture dostignute u ovim krajevima. Može se slobodno tvrditi da brojnost, veličina i ekonomski efekat objekata ove vrste još ni danas nije dostignut. To ne isključuje činjenicu da se pojedini objekti, sagrađeni u nedavnoj prošlosti, ne ističu svojom veličinom, kvalitetom i funkcionalnošću. Međutim, sigurno je, da ima čitavih područja gdje se danas, iako postoje veoma moderna i savršena sredstva rada, koristi u hidrotehničkim službama manje objekata negoli nekad, pa prirodna bogatstva tih područja nisu iskorištena. Zaključak je da je u to davno doba poljoprivredna proizvodnja i nastanjenost zemlje bila veća negoli danas.

BIBLIOGRAFIJA

1) Bartoccini A. — Le antichita della Tripolitania — Roma 1938
2) Ciarlantini F. — Africa Romana — Alpes — Milano 1928
3) Ellison O. T. — Cistern Renovation in Libya — Tripoli 1964
4) Fantoli A. — La Libia negli scritti degli antichi — Roma 1933 — Arti Grafiche
5) Ghislanzoni E. — Nozioni archeologiche sulla Cireaica — Roma 1915
6) Kos Z. — Report on Some Irrigation and Water Conservation Problems i Cyrenaica — Tripoli 1963
7) Merighi A. — La Tripolitania antica — Airoldi — Verbania 1943
8) Muafa M., Tileston F. M. — Time-Cost Schedule for Water Development in Libya — Tripoli 1964
9) Narducci G. — Storia della colonizzazione della Cirenaica, Milano-Roma 1942 — Arte e Storia
10) Romanelli P. — La cirenaika Romana — Airoldi — Verbania 1943
11) Stroppa F. — L'idrografia della Tripolitania e la politica romana della acque — Roma 1915

S naših i inostranih gradilišta

60 M VISOKI STUPOVI GRAĐENI KLIZNOM OPLATOM ZA GORENJSKI AUTOPUT

Članak u Građevinaru br. 11/1964. o građenju tornja za liftove u Philadelphii, USA, pomoću klizne oplate, ponukao nas je da objavimo ovu vijest iz domaćeg građevinarstva. Ako bismo, naime, htjeli vidjeti građenje 60 m visokih stupova pomoću klizne oplate, vidjet ćemo ih na gorenjskom putu, nekih 10 km od Bleda.

Projekat novog gorenjskog autoputa Bratstva i Jedinstva predviđa, na dionici između Kranja i Lesaca, trasu u visini nivoa visokih platoa Podbrezja, Ljubna i Brezja. Između tih platoa nalazi se red dolina, koje treba premošćivati. Kako se tlo na tom terenu sastoji uglavnom od gline, koja je na površini sklona klizanju, trebalo je računati s relativno neugodnim fundiranjem. U većoj dubini nalazi se solidna vrlo čvrsta glina, nazvana »sivica« zbog sive boje. Teškoće se pojavljuju kod iskopa temeljnih jama, s teškim podupiranjem iskopa i djelomičnim klizanjem površinskih slojeva. Iz ovih razloga investitor se potpuno opravdano odlučio za veće raspone mostova čelične konstrukcije, koji će ležati na manjem broju visokih armirano-betonskih stupova. U pravcu od Podbrezja na gore dolaze redom ovi mostovi:

Prva dolina iza Podbrezja prema zapadu je dolina Lešnice, dužina 190 m i dubine od najviše 60 m. Bit će premošćena kontinualnim mostom, raspona 50,0 + 72,5 + 50,0 m, i krajnjim malim rasponom od 15,0 m. Stupovi su visoki, jedan 40,0 m, drugi 32,0 m.

Druga dolina na terasi Ljubna, Ljubenska grapa, ima tri tipizirana raspona od 35,0 m, na stupovima visine 28,0 m. Iza ovog mosta prema zapadu slijedi tunel dužine 220 m.

Treća i najveća dolina je Peračica. Most počinje s redom od 4 tipizirana 35 m raspona, na stupovima različite visine. Zatim slijedi glavni kontinualni most s rasponima 72,5 + 100,0 + 72,5 m, na stupovima visine 60,0 m. Najdublje mjesto u dolini je oko 75 m ispod nivelete puta.

Sve čelične konstrukcije radi »Metalna« iz Maribora. Veliki rasponi su savladani kontinualnim gredama. Mali tipizirani rasponi od 35 m su proste grede s uzdužnim povezivanjem. Sva ležišta kontinualnih nosača su nepokretna, osim jednog obalnog; sve izrađeno po klasičnom načinu od čelika. Ležišta tipiziranih prostih greda su od neoprena. Kolovozna tabla svih mostova je od armiranog betona, osim table na velikim rasponima Peračice, koja je projektirana kao čelična ortotropna ploča.

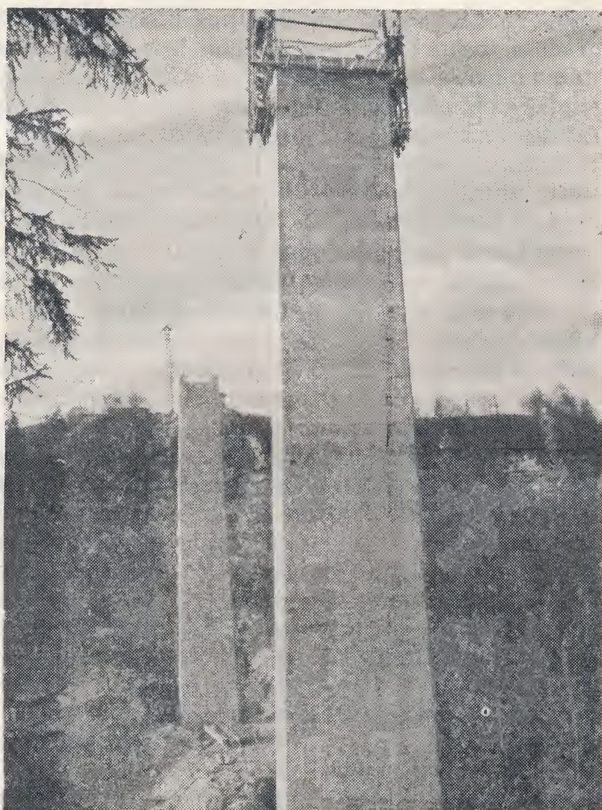
Stupove mostova gradi poduzeće Gradis, prema vlastitom projektu. Osnova projektiranja bio je uslov tipizacije i mogućnosti građenja pomoću klizne oplate. Svi stupovi su šuplji. Unutrašnji oblik šupljine je potpuno vertikalan, zbog klizne oplate. Debljina zidova, okomitih na os puta (mosta) je konstantna, 20 cm, te tako ostaje vertikalna i vanjska oplata površina, okomitih na os puta, što omogućava klizanje oplate. Širina stupa mjerena okomito na os puta nije konstantna: od jednake širine 6,0 m u glavi, proširuje se sa svake strane prema dolje u nagibu 40 : 1, tako, da širina 60 m visokog stupa iznad temelja iznosi ukupno 9,0 m. Kod građenja stupa od dolje na gore treba stalno zbližavati čeone oplate, koje su uporedne s osi puta, prema predviđenom nagibu 40 : 1. Navedeno proširenje stupa na dolje okomito na pravac osi puta utiče statički vrlo povoljno: povećava se momenat istrajnosti i otpornosti prema najjačem uticaju vjetra okomito na os puta. Jača se momenat tromosti prema temelju, što bitno pojačava faktor sigurnosti od izvijanja. Zbog postepenog pojačavanja presjeka prema temelju ne povećavaju se naprezanja od vertikalnog opterećenja, jer povećavanje presjeka iznosi približno toliko, koliko iznosi povećavanje vertikalne sile mosta i stupa. Možda je najvažnije, da se jačanjem presjeka na dolje pomjera težište masa na dolje, što je vanredno povoljno za slučaj potresa. Svi stupovi su jednolikog tipa, s vanjskim oblikom u glavi 2,0 × 6,0 m. Iznimka su oba 60 m visoka stupa u Peračici, koja imaju dimenziju 3,0 × 6,0 m u glavi. Temeljenje je izvedeno na proširenoj ploči od armiranog betona.

Statički računi stupova uzimaju u obzir, pored svih kombinacija, još i sile vjetra u uzdužnom i u poprečnom pravcu, i temperaturne uticaje. Ustanovljeno je, naime, da navedeni temperaturni uti-

caji nisu bitno veći od samog trenja mosta na eventualnim pomjernim ležajima. Nepomjerno ležište pruža šest puta veću sigurnost protiv izvijanja stupa negoli je sigurnost prostog stupa s pomjernim ležištem. Kod računa izvijanja uzet je u račun trajni modul elastičnosti betona (s plastifikacijom) ujedno s popuštanjem temeljnog tla. Time je dobijen izvjestan kriterij za minimalno armiranje stupova. Neka naročita štednja s armaturom bila bi neopravdana, jer redukcija čelika od oko 40% smanjuje rezervnu sigurnost za oko 60%, a ušteda na troškovima građenja iznosila bi oko 10%. Najveći troškovi leže, naime, u pripremi gradilišta, kabel kranu, kliznoj oplati, itd., a troškovi za čelik su u konačnom srazmjeru veoma mali. Pri analizi sila uzeti su za osnovu naši propisi PTP 5 za mostove, s neznatnom modifikaciom: za vjetar od 250 kg/m² dozvoljeno je povišenje naprezanja za 60%. Međutim, za veličinu sila kočenja, uzet je raspored gusjeničara u razmacima po 50 m, s 30% težine, što je preko dva puta više od sila kočenja, koje su u propisima potcjenjivane. Konstrukcije su kontrolirane na sile potresa. S obzirom na veliku visinu objekta i srazmjerno dugo titranje, ove sile nisu velike.

Pri izgradnji armirano-betonskih stupova, izvođač ima najviše teškoća zbog slabo pristupačnog terena i nepovoljnih uslova fundiranja. Potrebno je, naime, teškim podupiranjem probijati nestabilni površinski sloj gline do gline-sivice. Osobito je u kišnim danima veoma velika opasnost od klizanja gornjeg sloja terena. Potrebno je nestabilne mase gline odguravati od neposredne okoline otkopa za temelje stubova.

U svrhu dobre organizacije građevinskih radova bilo je potrebno preko svake uvale postaviti po jedan kabelkran, pomoću kojeg su obavljani zemljani radovi, betoniranje temelja i stubova. Najveći kabel kran postavljen je preko doline Peračice, na raspon 456 m. Nosivi kabel ⌀ 32 mm ima maksimalni ugib 20 m. Visina pilona iznosi 27 m, neto nosivost krana je 1750 kg. Kabel kranovi preko dolina Lešnice i Ljubenske grape manji su, njihovi rasponi iznose 260 m i 150 m. Maksimalna nosivost ovih kranova je 1500 kg.





Stupovi za Gorenjski autoput

Prvi stubovi izrađeni su sredinom prošle godine, u Ljubenjskoj grapi, pomoću penjajuće oplate. Radni postupak bio je ovaj: poslije izrade temelja istovremeno su bila u građenju dva stuba. Prvog dana betoniralo se na prvom stubu do visine 2,5 m, pa se drugog dana pomoću kabel krana prebacila oplata na drugi stub, gdje se betonirao pojas visine 2,5 m, koliko iznosi korisna visina jedne oplate. Istim oplatama izradit će se u 1965. stubovi 2, 3, 4, i 5 u uvali Peračice, jer su istog oblika. Najveći stubovi — 6 i 7, visine 58,05 i 56,48

m iznad temelja, u najdubljem dijelu uvale Peračice, izrađeni su u jesen 1964. pomoću klizne oplate, koja se pomicala na gore, pomoću 16 (u gornjem dijelu stuba — 12) ručnih dizalica, koje su podupirane o skelu od čeličnih cijevi ⌀ 2". Skela je rađena usporedno s podizanjem oplate.

Iskop za temelj stuba 6, u zemlji III do pretežno V kategorije, završen je za 62 radna dana, zajedno s poduziranjem i crpljenjem vode. Poslije betoniranja temelja, dvije grupe od po 22 radnika (uključivo radnike za pripremu betona i transport) su, u dvije smjene po 12 sati, neprekidno radile na betoniranju stuba. Stub je završen za 26 radnih dana. Prosječan dnevni učinak je nešto preko 2,2 m.

Sve četiri unutrašnje strane oplate, i obje duže vanjske, bile su klizne, i dizane su pomoću dizalica. Skele su služile kao stepenište za radnike. Obje bočne strane oplate, izrađene u dva dijela, svakodnevno su pomoću kabel krana preklapane jedna preko druge, zbog iskošenog oblika te strane. Ova korisna visina bočne oplate, u iznosu 2,3 m, dozvoljavala je navedenu maksimalnu visinu dnevnog napretka.

Grupa radnika u jednoj smjeni bila je: 4 tesara, 2 armirača, 2 betonirca, 1 zidar, 2 mašinista (kran, miješalica) i 11 nekvalificiranih radnika. Između jednog i drugog dizanja kliznog dijela oplate, betonirao se pojas betona, visine 40 do 50 cm. Ukupno je bilo ugrađeno u stup — 6/465 m^3 betona marke 300.

Ukupna površina unutarnjih i vanjskih zidova stuba iznosi 2102 m^2. Transport betona, armature, preklapanja bočne oplate, i konačna demontaža oplate, obavljena je pomoću kabel krana.

Na isti način bio je za 25 radnih dana izrađen stub 7, visine 56,48 m iznad temelja.

Kako dizanje klizne oplate ručnim dizalicama iziskuje dosta radne snage, poduzeće je nabavilo garnituru pneumatskih dizalica, koje se penju po čeličnim štapovima ⌀ 26 mm. Nakon dovršenja stuba ovi štapovi izvlače se iz konstrukcije stuba, za ponovnu upotrebu na drugom mjestu. Zbog toga, oni su ugrađeni u cijevima, koje se zajedno sa skelom izvlače, a sastavljeni su međusobno čeonim vijcima. Za pogon pneumatskih dizalica nosivosti 3000 kg, potreban je komprimirani zrak s pritiskom 6 Atm. Vertikalni pomak jednog dizanja iznosi 12 cm.

Ova garnitura od 12 dizalica upotrebljena je prošle jeseni na manjem stubu, preko uvale Lešnice. Pored primjene ovih modernih dizalica, kod ovih radova usavršena je oplata, tako, da su i bočne oplate klizne. Dopunsko horizontalno pomjeranje tih oplatnih tabla u pravcu sredine stuba, zbog kosine profila, izvodi se pomoću jakih horizontalnih zavrtnja. Takvom oplatom se radni efekat poboljšao, smanjila se potrebna radna snaga. Visina jednodnevnog dizanja oplate je postala nezavisna od veličine bočnih oplatnih tabla i od brzine vezivanja betona. Na taj način uspjelo se postići prosečno dnevni učinak od 3,5 m.

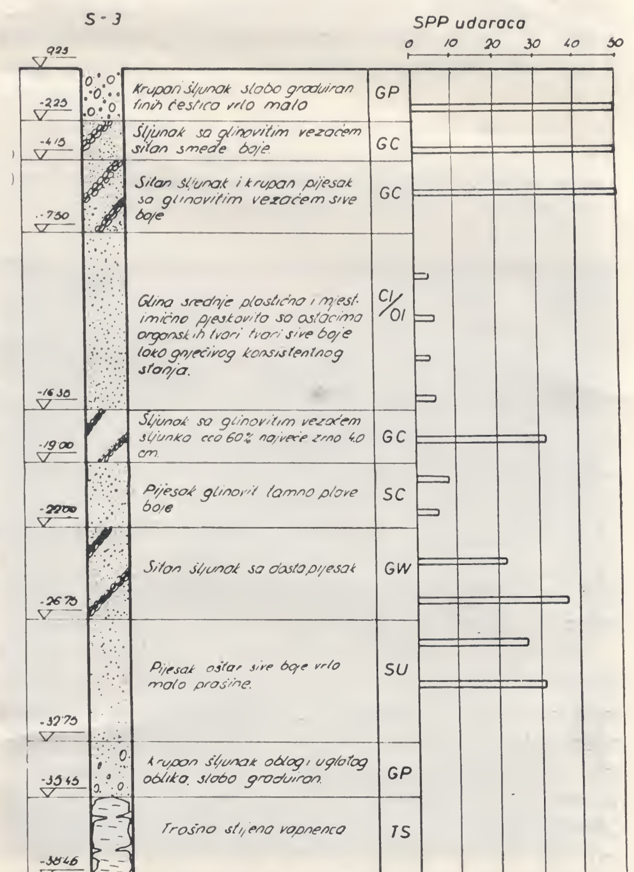
Završeni su svi stubovi u Ljubenjskoj grapi, zajedno s obalnim upornjacima. U Peračici su završeni 60 m visoki stubovi u dolini, neki od manjih stubova, te jedan obalni upornjak. Ostali stubovi su u građenju. U Lešnici je završen jedan obalni stub; za visoke stupove su temelji u građenju. Rad na stubovima redovno napreduje, i nema sumnje da će ove godine biti svi stubovi i upornjaci potpuno završeni. Međutim, pitanje čelične konstrukcije zavisi u najvećoj mjeri od proizvodnog plana Metalne.

Građevinske radove na armirano - betonskim stubovima izvodi poduzeće Gradis pod rukovodstvom Ing. Saše Skulja i tehn. Marjana Primožiča, prema projektu statičara Prof. Ing. Svetka Lapajne. Navedeni suradnici su i autori ovog članka.

MOST NOVOG SAOBRAĆAJNOG ČVORA U RIJECI NA PILOTIMA VELIKOG PROMJERA

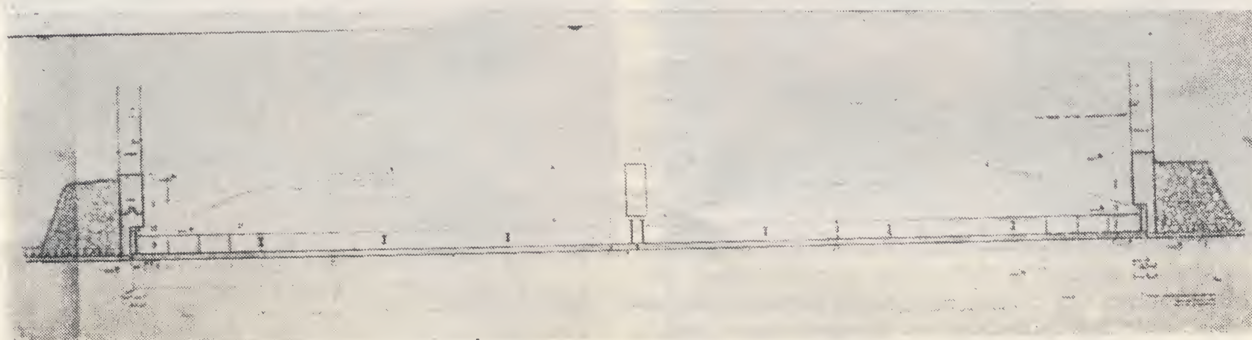
Već nekoliko godina osjeća se potreba rješenja cestovnog saobraćaja na važnoj i jako frekventiranoj raskrsnici na Titovom trgu u Rijeci. Za vrijeme ljetnih mjeseci, kada je tranzitni promet znatno povećan, dolazi do zagušivanja pa i do zakrčivanja saobraćaja na ovom cestovnom čvoru.

U cilju brzog i efikasnog rješenja unutrašnjeg saobraćaja u Rijeci, ovo će sigurno biti znatan pri-



Sl. 1: Prosječni geomehaničko-sondažni profil tla

Sl. 2: Osnovno rješenje saobraćaja



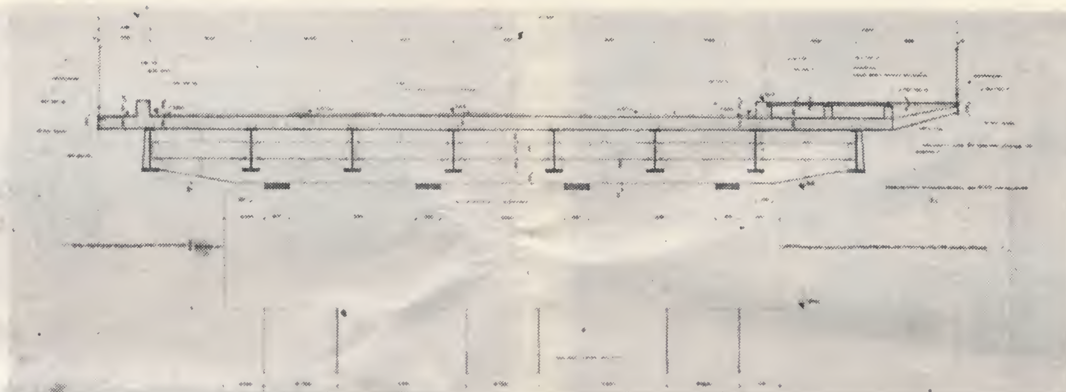
Sl. 3: Uzdužni presjek mosta preko Rječine

log, uz utrošak relativno malo sredstava, i ostvareno za kratko vrijeme.

Osnovno rješenje saobraćaja riječko-sušačkog čvora sastoji se od uvođenja jednosmjernog kružnog prometa. Sav saobraćaj provodi se od križanja ulice Istarske divizije i Žrtava fašizma jednosmjerno, u produženju ulice Žrtava fašizma kosim mostom preko Rječine kroz ulicu Rade Šupića, na trg Matije Gupca. Jednosmjerna vožnja nastavlja se od trga Matije Gupca preko sušačkog korza, postojećeg mosta preko Rječine, i ulicom Istarske divizije do križanja s ulicom Žrtava fašizma. Kružna rješenja vrlo su praktična i bitno povećavaju saobraćajnu propusnu moć. Neobično je važno pravilno označavanje postrojavanja vozila zbog pravovremenog usmjeravanja kretanja u željenom pravcu, jer to može bitno ometati pravilan tok i iskorištenje projektiranog rješenja.

Da bi se omogućilo ovakvo rješenje čvorišta, bilo je potrebno izgraditi novi kosi most preko Rječine.

Sondažni istražni radovi pokazali su u gornjem sloju krupan šljunak i mješavinu šljunkovito-pjeskovitog materijala s glinenim vezačem, koji se u

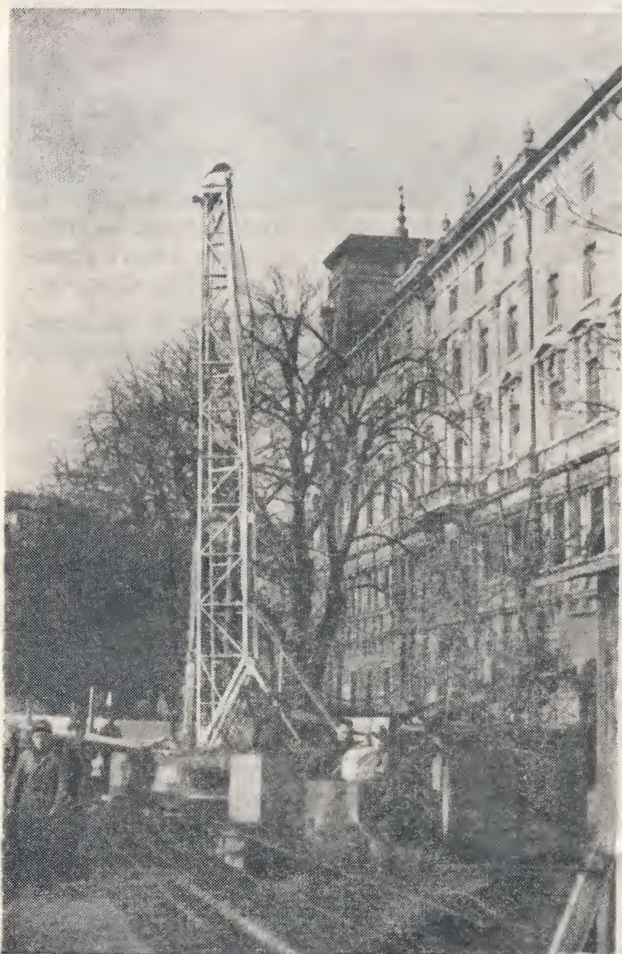


Sl. 4: Poprečni presjek

prosjeku proteže do 8 m ispod površine. Ispod toga sloja, pa do oko 20 m ispod površine, nalazi se sloj srednje plastične gline, lako gnječivog konsistentnog stanja, s primjesama organskih tvari. Posljednjih nekoliko metara ovog sloja pomiješano je sa šljunkom, odnosno pijeskom. Od 20 m pa do 35 m protežu se slojevi dobro graduiranog sitnog šljunka i jednoličnog oštrog pijeska, srednje do dobre zbijenosti, a ispod njih nalazi se vapnenačka stijena. Dati geomehaničko-sondažni profil predstavlja prosjek rezultata dobivenih iz nekoliko bušotina, duž osovine budućeg mosta.

U zavisnosti o sastavu i karakteristikama temeljnog tla, usvojeno je rješenje fundiranja na pilotima velikog profila, a kao gornja konstrukcija — izabrana je čelična spregnuta konstrukcija preko dva polja, ukupnog raspona 38,9 m. Visina osnovnih čeličnih I nosača iznosi 70 cm, a položeni su na razmaku od 165 cm. Poprečni profil riješen je s 9,93 m širokom cestovnom trakom i nesimetričnim pješačkim stazama od 3,31 m i 0,83 m, što ukupno čini širinu od 14,07 metara. Ukupna duljina je 42 m. I u poprečnom smislu, osnovna nosiva konstrukcija su čelični nosači, preko kojih je položena armirano-betonska ploča, debljine 23 cm, i sloj asfalta od 5 cm.

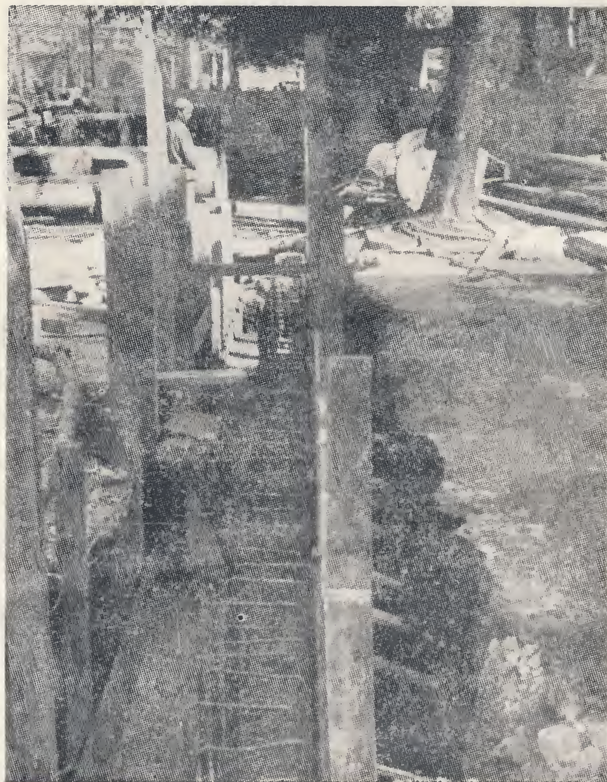
Bušotine za za pilote su izvedene garniturom Salzgitter S-300, sistemom reverznog ispiranja. Na obalama izvedene su bušotine s profilom 850 mm, a za srednji stup s profilom 1200 mm. Dubina bu-



Sl. 5: Garnitura Salzgitter S-300 u radu nad srednjim redom pilota



Sl. 6: Završeni red pilota profila 850 mm na lijevoj obali



Sl. 7: Betoniranje poprečnog zida iznad pilota



Sl. 9: Gradnja mosta



***Sl.** 8: Pripremljeni koševi armature za pilot profila 850 mm*

šotina približno je slična, a kreće se od 19,9—21.1 m. Bušotina je završena kad se je ušlo oko 1,0 m u sloj dobro zbijenog šljunka. Na mjestu svakog upornjaka, odnosno srednjeg stuba, izvedena su po 3 pilota u jednom redu. Nakon što se završilo s bušenjem, u bušotinu su ugrađeni koševi armature i zatim je izbetonirano kontraktor sistemom.

Iznad tako završenih pilota, izvedeni su armirano-betonski poprečni zidovi, visine 2,0 m, na koje su oslonjeni ležajevi mosta.

Saobraćajno rješenje čvora dao je Ing. Babić, a projekat mosta izradio je Ing. Petar Jušnjevski, iz poduzeća »Rijeka - Projekt«, Rijeka. Bušenje pilota s betoniranjem izvelo je poduzeće »Geoistraživanja - Elektrosond« iz Zagreba. Izvođač je GP Konstruktor, Rijeka; rukovodilac gradilišta — Branko Matošić. Investitor je Cesta, samostalna komunalna ustanova, Rijeka. Čeličnu konstrukciju isporučuje Titovo brodogradilište Kraljevica. Predračunska vrijednost objekta je 135 milijuna dinara. Radovi su počeli 15. 2. 1965, a rok dovršenja je 30. 7. 1965.

Poduzeće Geoistraživanja - Elektrosond, Zagreb, izvelo je istim sistemom fundiranje hale i agregata energane Rafinerije nafte u Sisku, kao i probne pilote dubine 45 m za Luku Ploče. Sada su u radu piloti velikog profila, bušeni sistemom Benoto za obale u Bakru i Pločama, koje izvodi poduzeće Geoistraživanja - Elektrosond iz Zagreba i Pomgrad iz Splita.

I. K.

Kratke vijesti

TURISTIČKA IZGRADNJA U ŠIBENSKOM PRIOBALNOM POJASU

Pored stambene i industrijske izgradnje, u priobalnom pojasu šibenske komune — iako bez investicija — razvija se živa turistička izgradnja, vlastitim snagama i dobrovoljnim akcijama samih mještana. Samo u protekloj 1964. godini stanovnici turističkih mjesta — Tijesnoga, Skradina, Vodica, Primoštena, Tribunja, Pirovca, te ribari s otoka Zlarin, Krapanj i Murter, njih 10.251, dali su preko 133 tisuće dobrovoljnih radnih sati na izgradnji plaža, asfaltiranju prilaznih puteva do Magistrale, izgradnji vodovoda, kampova, sportskih terena i drugih radova u vrijednosti od preko 50 milijuna dinara.



Međutim, u pripremama za ovogodišnju turističku sezonu, gotovo čitavo šibensko primorje zahvaćeno je spontanim pripremama na uređenju, izgradnji ili proširenju postojećih turističkih kapaciteta:

DO POČETKA TURISTIČKE SEZONE Šibenik će dobiti novu autobusnu stanicu, koja će biti smještena na obali Jugoslavenske mornarice. Pored prostorija za čekaonicu, biljetarnicu i informacije — uredit će se pista i okoliš; očekuje se za vrijeme sezone prijem i otprema 100 autobusa u svim pravcima.

ZA NEPUNU GODINU DANA mještani Primoštena, jednog od najjačih turističkih mjesta šibenske komune, iskopali su 20 km dugi kanal za vodovod i položili kompletan cijevovod, koji je priključen za Zagorski vodovod, nedaleko Vrpolja. Vrijednost radova iznosi oko 230 milijuna dinara.

POTREBE ZAJEDNICE ŽELJEZNIČKIH transportnih poduzeća Jugoslavije, u turističkom mjestu Rogoznica, dovršava se osam novih paviljona s ukupno 80 ležaja. Vrijednost radova iznosi oko 90 milijuna dinara.

AUTO KAMPOVI komercijalno-ugostiteljskih objekata u turističkim naseljima u Vodicama, Pirovcu i Martinskoj proširit će kapacitete za oko 400 vozila, i to izgradnjom novih pista i nadstrešnica.

NAKON IZGRADNJE VODOVODA stanovnici Primoštena usmjerili su svoju aktivnost na izgradnju hotela i restauracija. Radovi dobro napreduju, i prema proračunu mještana, hotel treba da primi prve goste još u toku ovogodišnje sezone.

M. M.

Sajmovi i izložbe

III MEĐUNARODNI SAJAM GRAĐEVINARSTVA 1965. U ZAGREBU

Od 17. do 25. travnja 1965. održan je u okviru proljetnog međunarodnog Zagrebačkog velesajma i III međunarodni sajam građevinarstva, ali kao izdvojena i posebno naglašena sajamska priredba (I sajam građevinarstva bio je 1960. u Beogradu, II — 1961. u Ljubljani).

Ovogodišnji sajam građevinarstva imao je posebnu važnost. Trebao je pokazati rezultate napretka građevinarstva, industrije građevinskog materijala i pratećih grana industrije, koje svojim proizvodima sudjeluju pri izgradnji građevnih objekata. Istovremeno trebao je omogućiti pregled tržišta za podmirenje potreba u građevnoj mehanizaciji i građevnim materijalima. Ovo tim više, što se građevna privreda nalazi pred zadacima zacrtanih 7-godišnjim planom, te pripremom radova na izgradnji hidroenergetskog sistema Đerdap, a posebno u povećanoj ekspanziji naše građevne operative, projektnih organizacija i istraživačkih poduzeća na svjetskom tržištu.

I ovog puta glavni nosilac organizacije — pored Uprave ZV, bio je Savjet za građevinarstvo Savezne privredne komore. Stručna savjetovanja u okviru sajma bila su povjerena Jugoslavenskom građevinskom centru iz Beograda.

Sajam građevinarstva bio je smješten u tri paviljona (talijanski paviljon, paviljom mašinogradnje i novi paviljon DDR) i na otvorenom prostoru. 251 domaćih i 75 stranih izlagača zauzelo je 45.375 m² izložbenog prostora.

Zbog usporedbe sa sličnim međunarodnim sajmovima, iznosimo ove podatke:

Priredbe	Izložbeni prostor	Broj eksponata	Broj izlagača	Strane zemlje
II međunarodni sajam građevinarstva, Ljubljana 1961.	24.800 m²	945	455	14
Ekspomat 1962 — Paris	200.000 m²	5.000	500	13
Building Exhibition 1961 — London	50.000 m²		600	16
Međunarodna izložba građevne mehanizacije, Moskva 1964.	272.000 m²		375	18
Bauma-München, 1965.	240.000 m²	3.340	700	12
Fertigbau-Mainz, 1965.	80.000 m²	26 tipova montažnog građenja	—	—
III međunarodni sajam građevinarstva, Zagreb 1965.	45.375 m²		326	11

Jugoslavenski proizvođači izlagali su u pet izložbenih grupa: Prvu grupu predstavljalo je četrdesetak projektnih organizacija, pretežno udruženih u poslovna udruženja »Union-projekt« i »Centro-projekt« iz Beograda, te »Koprojekt« iz Zagreba, koja su izlagala svoje radne programe i mogućnosti projektiranja za domaće i inozemno tržište.

Jugoslavenski građevinski centar organizirao je nastup proizvođača građevinskih materijala, elemenata i konstrukcija. U ovoj izložbenoj grupi eksponatima sudjelovali su i »Jucema«, »Poslovno udruženje gipsara«, poslovno udruženje »Kamergran«, tvornica cementa »Anhovo«, »Dalmacija-cement«, »Željezara« Sisak, proizvođači betonskog željeza raznih profila, željeznih odlivaka i sirovina, koji se proizvode u jugoslavenskim željezarama.

Kao proizvođači iz oblasti prateće industrije pojavili su se kolektivi, koji proizvode metalne proizvode, drvo i lesonit za građevinarstvo. Među njima se može spomenuti «Novi dom«, Logatec, »Lik«, Šoštanj, »Lik«, Vrhnika i niz drugih.

U ovoj izložbenoj grupaciji izlagali su »OKI«, »Chromos«, »Jugovinil«, »Krušik«, »OLT«, »Jugokeramika« itd.

Građevinska mehanizacija i oprema bila je zastupljena u dosad najreprezentativnijem obimu. Jugoslavenske proizvođače iz tog područja prikazalo je Poslovno udruženje »Gramex«. Uz ovo udruženje izlagali su na reprezentativnim površinama i »Gramat«, i »Slovenijaceste«.

Građevinarska operativa u posebnoj izložbenoj grupaciji izlagala je najnovije sisteme gradnje u području nisko, visoko i hidrogradnje.

Kao izlagači, ovdje su se pojavili »Tempo«, »Novogradnja« i »Jugomont«, Zagreb, »Rad«, Beograd, »Inženjering«, Rijeka, »Pomgrad«, Split, »Soko«, Mostar, i druga građevna poduzeća.

Građevinska operativa prikazala je izgradnju stanova na principima rentabilne gradnje, montažnim elementima i nekim novim materijalima.

Jugoslavenske izvozne organizacije »INGRA«, »Pomgrad«, »Geoistraživanja-Elektrosond« i ostale, prikazale su svoje potencijale na inozemnom tržištu. Ove izvozne organizacije prikazale su kompleksnost pružanja građevinskih usluga, koje se sastoje od izvođenja konsolidacije i ispitivanja terena, pa preko projektiranja do završnog opremanja objekata.

U organizaciji Generalne direkcije za izgradnju Skopja bila je postavljena Izložba »Skopje jučer, danas, sutra«, koja je pobudila veliki interes.

Izložbeni program inozemnih izlagača obuhvatio je uglavnom građevinsku mehanizaciju i opremu za građevinsku industriju.

U nastavku dajemo prikaz eksponata pojedinih značajnih inozemnih firmi.

Sovjetsko eksportno poduzeće »Mašinoexport« iz Moskve prikazalo je vrlo bogat izbor građevinske mehanizacije i opreme. Većina eksponata bila je prvi puta prikazana u Jugoslaviji.

»Traktorexport«, Moskva, izložio je buldožere, skrepere, asfaltne baze, finišere i niz drugih proizvoda. »Deutscher Innen-und Aussenhandelmaschinen — Export« iz Istočnog Berlina, izložio je univerzalne bagere, kranove, viljuškare, razne strojeve za cestovnu i drugu gradnju, strojeve i uređaje za keramičku industriju, valjke za ceste, električne nabijače, unutarnje i vanjske vibratore, vibracione ploče, uređaje za odljevke i betonske pragove i strojeve za čišćenje ploča. Ova tvrtka prikazala je i nekoliko odličnih modela tvornica građevne industrije sa cijelim tokom tehničkog procesa. »Investexport« — Berlin, izložio je tešku mehanizaciju i modele najtežih građevinskih uređaja. Poljsko izvozno poduzeće »Polimex« iz Varšave, prikazalo je toranjske i druge dizalice, te široki program razne opreme za građevinarstvo.

»Dia Chemie« iz Demokratske Republike Njemačke, izložilo je razna ljepila, silikone, boje za građevinarstvo, razna oblagala za podove i slične proizvode. Italijanska firma »Perlini« iz Verone izložila je dampere, a »Rema«, iz Trsta, strojeve za savijanje i rezanje čelika, strojeve za žbukanje, montažne konstrukcije i cijevi i sl. proizvode.

S asfaltnom bazom, vibrofinišerima za bituminozni asfalt, samohodnim vibracionim valjcima i automobilima s uređajima za popravak cesta, na sajamskoj priredbi učestvovao je »OFF. Mess. Marini« iz Ravene.

»Benati« iz Bolonje izložio je utovarivače i kašikare specijalno prilagođene uvjetima rada na teškim terenima.

»Allis Chalmers Italiana«, prikazao je niz svojih utovarivača, a firma »Domenigheti Simesa« — Milano, uređaje za pripremu betona, vibracione valjke i niz drugih proizvoda.

Švedska firma »Bergmann Borr AB« iz Štokholma izlagala je svoje poznate bušilice i otkopače za kamen tipa »Pioniär«. »Gebrüder Wacker« iz Münchena prikazali su visokofrekventne vanjske i unutarnje vibratore, vibro-nabijače, vibracione ploče, bušilice i otklopne čekiće, a »Faun Worke« iz Nürnberga — dampere. Na sajmu su niz interesantnih proizvoda prikazale engleske firme »Clark Equipment« iz Camberley-a i »Choseside Engineering« iz Hertforda. »K & L Steelfounders« prikazao je kranove »Jenes« kapaciteta do 8 tona. Hidraulične bagere raznih veličina tipa »Yumbo« prikazao je S. I. C. A. M. Genass — (Isère). Proizvode teške mehanizacije iz USA izložile su firma »Euklid« iz New Yorka i »Eimco corp.« iz Salt Lake City.

———

Jugoslavenski građevinski centar organizirao je ciklus stručnih predavanja s ovom tematikom:

- proizvodnja sintetičnih materijala kod nas i njihova primjena u građevinarstvu
- primjena lakih i plino-betona kao masovnih materijala
- stabilizacija tla u suvremenom građenju cesta
- iskustva s građenja HE Trebišnjica, HE Bajina Bašta i HE Globočica
- iskustva pri masovnom miniranju prilikom izgradnje saobraćajnica
- potrošnja topline u stanovima i značaj toplotne zaštite (gradbeni Centar Slovenije — Ljubljana).

Tako je i ovaj Sajam građevinarstva dokazao potrebu, da se manifestacije ove vrste uvedu kod nas kao redovne — u razmacima od dvije do tri godine.

Međutim, bilo bi preporučivo, opredijeliti se za jedan stalni izložbeni i sajamski grad za ovu vrstu priredbi, a ne seliti ih iz jednog mjesta u drugo. Prema prostranosti i uređenju sajamskih prostora i površina, te broju paviljona, po našem mišljenju, primat ima Zagrebački Velesajam.

M. Jančiković

SAVJETOVANJE O STRUČNIM PUBLIKACIJAMA JUGOSLAVENSKOG GRAĐEVINSKOG CENTRA

U sekretarijatu Savjeta za građevinarstvo Savezne privredne komore u Beogradu, održan je 2. IV 1965. sastanak o stručnim edicijama za građevinarstvo.

Na ovaj sastanak pozvani su predstavnici iz 30 najvećih građevinskih poduzeća iz zemlje u svrhu razmatranja prijedloga propisa koje je izradio Savjet za stručni rad u visokogradnji. Postavlja se, da li u visokogradnji izdati jedinstvene propise za zgradarstvo po metodologiji funkcionalnih elemenata, ili ostati na starom načinu po metodi građevinskih operacija.

Centar za publikacije izradio je ilustrativni primjer metodologije izrade tehničko-ekonomske dokumentacije po sistemu funkcionalnih elemenata, sa željom, da se pri ocjenjivanju ove publikacije vidi mogućnost primjene u praksi. Postavlja se, po kojem sistemu u buduće raditi tehničko-ekonomske dijelove investicionog elaborata, da li po radovima ili po funkcionalnim elementima. U tu svrhu izdata su dva primjera — jedna shema predračuna po građevinskim odnosno zanatskim radovima, i druga shema predračuna po funkcionalnim elementima zgrade.

Prednost sheme predračuna po funkcionalnim elementima zgrade, je u stvari stara, jer se objekat sastoji iz funkcionalnih elemenata (temelja, zida, krova), a ne iz radnih operacija, iako se te operacije rade. Cilj je izrada funkcionalnih dijelova tj. temelja, zidova i krova, a ne radovi. Shema po građevinskim radovima je komplicirana za projektante, a neki radovi, npr. zemljani, kao što je polaganje blata na tavanu ili pijeska pod podove, su zapravo zemljani radovi, a dolaze iza izrade zemljanih radova.

Pri izradi po funkcionalnim elementima, mogu se dijelovi projekta raditi nezavisno o drugom suradniku, tako ne treba čekati statičara i sl. Kod izmjena, npr. na terenima razne konfiguracije, mijenja se samo podzemna konstrukcija, tako da je lako obaviti adaptaciju u samom projektu. Rezime: tehničko-ekonomske dijelove elaborata treba raditi po sistemu funkcionalnih elemenata.

Predloženo je da se za sve vrste radova izradi opis radova. Takav opis mogao bi se koristiti kao podsjetnik ili udžbenik. U njemu bi bili sadržani uslovi kvalitete, naročito po pitanju materijala. Građevinski katalog trebao bi sadržati sve materijale grane 121, i iz ostalih grana za potrebe građevinarstva. U trećem katalogu treba izdati listu građevinskih mašina i opreme. Još iz 1948. godine imamo prosječne norme, koje su često kritizirane. Treba prijeći na tehničku normu, što je međutim zamašan posao. Iz navedenih edicija, građevinski stručnjak bi imao sve potrebno pri radu.

Da li će se ići po sistemu vrsta radova, ili treba nešto novo, da li radove svrstati po elementima zgrade, ili po vrstama radova; kod montažnih sistema se vrste radova ponavljaju. Dokumentacija za građevinarstvo i arhitekturu štampat će sve edicije za potrebe operativne prakse, ali ne sa svrhom da se sistem propagira. Traži se pomoć za inicijativu, naročito od velikih organizacija.

U razmatranju ovog prijedloga, u dosta obilnoj diskusiji, zauzeta su stanovišta:

1. Sistem shema po funkcionalnim elementima zgrada može biti koristan za projektante, međutim, u operativnim organizacijama kod izdavanja radova pojedinim zanatlijama, potrebno je raščlanjivanje na radove.
2. Treba razlikovati konstrukciju zida, kao gotovog elementa, koji sadrži i zidanje i gašenje vapna, i prijenose koji su potrebni za dovršenje tog funkcionalnog elementa. Stoga za slučaj operativne organizacije, koja ima specijalizirane pogone, sadašnji sistem normi je dobar, ne bi ga trebalo mijenjati, jedino nadopuniti.

Unošenje kompleksnosti, tj. shemu po funkcionalnim elementima moguće je primijeniti prema van, u ugovaranju s investitorom, ali unutarnja organizacija traži raščlanjivanje po sistemu radova. Jedinstveni opisi trebali bi biti izdati, najbolje kao separat.

3. Ukorijenjene navike su toliko jake, da bi trebalo o primjeni razgovarati još na širem forumu nego što je ovaj, da se odluči da li ići na novi sistem po funkcionalnim elementima, ili da se to odgodi za kasnije.

   Komora radi na jedinstvenom opisu radova, ali po starom sistemu. Treba proanalizirati što dobijemo a šta gubimo prelaskom na novi sistem.
4. Nakon razmatranja prikaza predstavnika montažnih organizacija, iskristaliziralo se mišljenje, da je shema po funkcionalnim elementima odgovarajuća u montažnom građevinarstvu. Jedino, kako obračunati završene prefabrikacije elementa — prije nego su ugrađeni u funkcionalni element zgrade.
5. Mišljenja operativaca svode se na to, da je sistem sheme po funkcionalnim elementima zgrade jednostavniji i prihvatljiv za projektante, međutim ne i za izvođače.

   Potrebno je prijeći na jedinstveni opis radova, ali svaki s pojedinim stavkama. Kod toga je moguć obračun radnika po opisu radova. Kompleksno neke radove nije moguće niti prikazati, jer bi išli u veliki broj varijacija: npr. zid od 25 cm imao bi sve vrste maltera itd. Sistem sheme po radovima je danas uigrani sistem, lak za obračun s radnicima koji znaju cijene. Predlaže se, da bi se kalkuliralo kao do sada, jedino ne bi trebalo pisati nego se pozivati na šifre iz jedinstvenog opisa.
6. Predmjer od projektanata treba raščlanjivati do norma-satova. Sve se svodi na ono najteže, a to je obračun radnog naloga. Predmjer mora odgovarati radnom nalogu. Potreban je jedinstveni opis radova, koji treba definirati do utančine. Kad licitiramo moramo imati ista mjerila. Norma-satovi bi trebali biti isti, dobiveni na temelju studijskog mjerila, i to jednako za radnu snagu i za materijal. Norma-sat bi trebao biti zakon.
7. Postoji bojazan, da bi novi sistem mogao prouzrokovati veći rad od dosadašnjeg, zbog ponavljanja radova. Predlaže se sve prikazati na jednom konkretnom primjeru.

Na koncu je dato mišljenje, ako netko zna bolje opisati, može; stvar je ugovornih odnosa između investitora i izvođača da li će vrijediti jedinstveni opis. Svakako za slučaj spora, tamo gdje nije bilo drukčije opisano, u duhu sudskog vještačenja, vrijedi jedinstveni opis radova.

Treba proanalizirati kako se čitav predloženi sistem odražava na organizaciju poduzeća, naročito na ona poduzeća koja rade sa specijaliziranim pogonima, kao i na obrtna poduzeća.

Čitav sistem trebao bi ići za tim, da olakša rad, ali za sada se misli, da bi se rad otežao.

D e f i n i r a n j e z a k lj u č a k :

a) da se rad na opisima nastavi (u pripremi je za štampanje);
b) katalog građevinskih radova i elemenata, od kojih je dio u štampi (zidarski radovi i podovi), da se izda;
c) da tehničko - ekonomska dokumentacija tj. predmjeri i predračuni, kao sekundarno, ostaju za daljnju diskusiju;
d) rad na sređivanju normi, jer su današnje prosječne norme prevaziđene, već i zbog toga što ima novih materijala, da nastavi formirana komisija;
e) da se nastavi radom na listi građevinske mehanizacije, za koji rad je prevedeno njemačko izdanje, kao podloga za našu ediciju.

Time bi se definirale pripreme i perspektiva za stručne publikacije, koje bi od strane Jugoslovenskog građevinskog centra bile pripremljene kao priručnici za svakodnevni praktični rad naših stručnjaka u privredi.

Ing. Kovačec

I SAJAM UNUTRAŠNJE TRANSPORTNE OPREME

U Mariboru je od 3. do 11. aprila 1965. održavan I jugoslavenski sajam unutrašnje transportne opreme. Inicijativa za organizaciju jednog sajma ovakve specifičnosti potekla je od proizvođača opreme i mehanizacije za unutrašnji transport, u suradnji s Jugoslavenskom zajednicom za paletizaciju iz Beograda, Poslovnim udruženjem »Automacija« iz Ljubljane i Privredne komore Maribor.

U okviru Sajma priređen je i simpozij, na kome su putem referata učesnici upoznati s prednostima pravilnog rješenja unutrašnjeg transporta u tehnološkom procesu proizvodnje. U našim proizvodnim organizacijama, naime, još uvijek se kriju ogromne unutrašnje rezerve, koje nisu racionalno iskorištene zbog lošeg ili nedovoljno organiziranog problema unutrašnjeg transporta u proizvodnji. Isto tako priređeno je na Sajmu takmičenje vozara viličara u spretnosti vožnje. Pokrovitelj ovog takmičenja je »INDOS«, industrija transportnih i

hidrauličkih strojeva iz Ljubljane. Velika zasluga za organizaciju ovog Sajma i simpozija pripada i Sekciji strojarskih inženjera i tehničara Društva inženjera i tehničara iz Maribora, koja je putem posebne »komisije za studij protoka materijala« vrlo aktivno sudjelovala u prvom sajmu ove vrste u Jugoslaviji.

Svoje eksponate izlagalo je dvadesetak proizvođača transportne unutrašnje opreme, i mnogi posjetioci su s čuđenjem ustanovili obilje ovih proizvoda, za čije postojanje mnoge privredne organizacije u zemlji nisu ni znale. Na žalost organizaciji unutrašnjeg transporta u građevnoj industriji i na gradilištima nije posvećena odgovarajuća pažnja, ali je za očekivati da će sama građevna privreda biti inicijator, da se na narednim sajmovima ove vrste obradi i problematika unutrašnjeg transporta u građevnoj industriji i na gradilištima.

Zbog interesa javnosti objavljujemo popis proizvođača mehanizacije za unutrašnji transport, koji su na ovom Sajmu prvi put zajednički nastupili u prikazu svojih proizvoda, i to: »Primat«, Maribor, »Strojna Tovarna«, Trbovlje, »Litostroj«, Ljubljana, »Rade Končar«, Zagreb, »Čelik«, Križevci, »Zastava«, Knić, »Liv«, Postojna, »Žica«, Kanal na Soči, »Vulkan«, Rijeka, »Automacija«, Ljubljana, »Rog«, Ljubljana, »Transom«, Maribor, »Kovinarsko«, Krško, »SOP«, Krško, »Chrommetal«, Velenje, »Elektrodvigalo«, Ljubljana, »Elvod«, Kragujevac, »Autoremont«, Sežana i »Autoprevoz«, Tolmin.

Moglo bi se zamjeriti izlagačima što nije bilo prospekata i ostale tehničke dokumentacije uz njihove proizvode, koje su posjetioci očekivali, što je to svuda u svijetu kod ovakvih sajmova uobičajeno.

Na kraju želimo istači pohvalu navedenim inicijatora ovog sajma i želju da se ovakva privredna manifestacija afirmira u buduće, ali uz proširenje — s mehanizacijom za unutrašnji transport i u građevnoj privredi, a napose u industriji građevnog materijala.

Milan Jančiković

MEĐUNARODNO NAUČNO SAVJETOVANJE O MONTAŽNIM PROBLEMIMA U INDUSTRIJSKOM GRAĐENJU U LEIPZIGU 1965.

Od 15.—17. rujna 1965. održat će se na Visokoj školi za građevinarstvo (Hochschule für Bauwesen) u Leipzigu, DR Njemačka, međunarodno naučno savjetovanje o montažnom industrijskom građenju, u suradnji s Institutom za tehnologiju građevne proizvodnje Visoke škole za građevinarstvo, Građevno montažnim kombinatom »Chemie-Halle« i Komorom za tehniku — odsjek za građevinarstvo, iz Berlina.

Na dnevnom redu savjetovanja nalazi se:

— problemi transporta i pripremnih radova kod montažnog građenja (lokacija, ekonomska opravdanost, prethodni radovi, i dr.),
— stanje mehanizacije kod montažnih procesa,
— tačnost montaže (sastavni elementi),
— automatizacija pri montažnim procesima,
— ekonomičnost montažnog građenja
— montaža kod industrijskih objekata, i dr.

Informacije o ovom savjetovanju i prijave za učestvovanje prima:

Hochschule für Bauwesen, Institut der Technologie der Bauproduktion, — Leipzig, S-3, Richard Lehmann Strasse 32

M. J.

Iz inozemnih časopisa

GEOMEHANIČKI PROBLEMI PRI PROJEKTIRANJU I GRAĐENJU NASUTE BRANE MATTMARK

(Schweiz. Bauzeitung, No. 11/1965)

1. Uvod

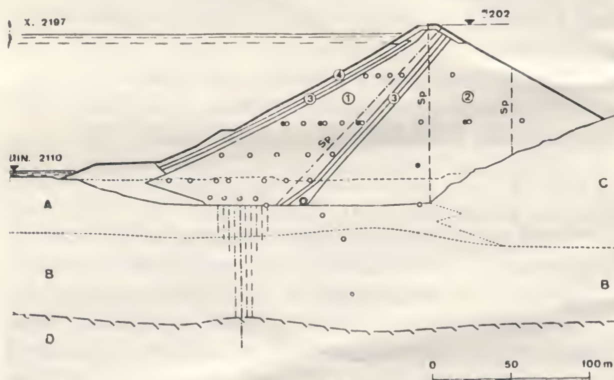
Poznato je, da na izbor tipa brane utječu razni tehnički i ekonomski faktori. Stoga je moguće da je u jednoj visokoindustrijaliziranoj zemlji za određeni smještaj brane povoljniji drugi tip brane negoli za isto takav smještaj u jednoj tehnički nerazvijenoj zemlji. Kod Mattmarka je, međutim, izbor brane bio uvjetovan geološkim prilikama, jer je dno doline pokriveno 100 m debelom naslagom aluvijskog i morenskog materijala. To je isključivalo izgradnju bilo kakve betonske brane. Nadalje, na samom se mjestu brane pojavljuje i jedna postrana morena, koja se povoljno priključuje na nasutu branu, i otežava izvedbu betonske brane.

Pri izboru načina otječnjenja brane, smatralo se da površinska obloga ne dolazi u obzir, iz tehničkih razloga; izvedba betonske ili asfaltne membrane kod 100 m visoke brane na terenu podložnom slijegavanju, izgledala je odviše riskantno. Kako u okolici brane nema glinovitog materijala, trebalo se odlučiti između jednog nevezanog i samo donekle nepropusnog materijala i jednog »zemljanog« betona tj. pripremljene prirodne mješavine, obogaćene dodatkom gline. Troškovi su odlučili upotrebu materijala iz jedne od mnogih obližnjih morena, koji kod povoljnog izbora maksimalnog zrna i načina sabijanja omogućuje dovoljno smanjenje nepropusnosti. Ovakav materijal može se, također, vrlo dobro upotrijebiti za izgradnju jedne kose jezgre, jer u njemu nastaju samo neznatni porni tlakovi. Ovo je omogućilo i pomicanje injekcione zavjese u uzvodnom smjeru, što je povoljno, jer time ova zavjesa pada izvan područja neugodne postrane morene, koja je bogata blokovima. Ujedno su lakše omogućena eventualna naknadna injektiranja.

2. Opis projekta

Konstrukcija brane je vrlo jednostavna: glavne zone sastoje se od jezgre na uzvodnoj strani i potpornog tijela na zračnoj (nizvodnoj) strani. Između ovih, nalaze se klasične prijelazne zone, filteri i drenaže. Vodna strana zaštićena je nabačajem kamenih blo-

kova od erozije, valova, snijega i leda, dok je zračna strana zaštićena samo izvedbom vanjskog dijela krupnijim materijalom (sl. 1). Materijali za prijelazne zone dobiveni su iz buduće akumulacije, a oni ostali (jezgra, potporno tijelo) iz morena u neposrednoj blizini brane (sl. 2).



Sl. 1: Poprečni presjek brane
Legenda:

A — aluvij	*1 — jezgra*
B — temeljna morena	*2 — potporno tijelo*
C — postrana morena	*3 — prijelazna zona*
D — stijena	*4 — kameni nabačaj*



Sl. 2: Gradilište brane

Legenda:

1 — pozajmište materijala za prijelazne zone
2 — južna morena za potporno tijelo
3 — nasip
4 — južna (postrana) morena
5 — deponija materijala za drenaže
6 — deponija materijala za filter
7 — transportna traka za materijal jezgre
8 — sjeverna morena za jezgru i otporno tijelo

Smatra se, da između koeficijenta nepropusnosti pojedinih zona nasipa treba postojati omjer 1:100; iz ovoga slijede ove teoretske vrijednosti: jezgra 10^{-5} cm/s, filter 10^{-3} cm/s, drenaža 10^{-1} cm/s.

Zbog kontrole otješnjenja izveden je u dnu nizvodnog drenažnog sloja jedan drenažni tunel Ø 2,0 m s betonskom oblogom, koji prikuplja podvirnu vodu koja prodire sa strane (iz bokova) i kroz branu.

Otješnjenje oko 80 m debelog nadsloja izvedeno je pomoću injekcione zavjese. Smatralo se, da je u ovim uslovima vrlo teško izvesti jedan tako duboki betonski ekran. Glavni injekcioni radovi s glinom, cementom i bentonitom obavljeni su od 1960 — 1962. godine, i to prije početka gradnje tijela brane. Nakon njihovog dovršenja, primjećen je još uvijek znatan pritok podvirne vode u drenažni tunel. Stoga je odlučeno, da se dopunski injektira silikatnim injekcijama. Ova odluka pokazala se opravdanom i stoga, što se prigodom iskopa za temelje brane naišlo na pješčane naslage propusnosti svega 10^{-2} do 10^{-3} cm/s, koje se ne bi mogle otjesniti uobičajenim injekcionim sredstvima.

Izvođenje kemijskih injekcija uvjetovalo je srazmjerno male injekcione pritiske, koji ne prelaze opterećenje nadslojem. Ovo vrijedi naročito za gornje zone injektiranja. Brzina injektiranja trebala je stoga biti znatno smanjena, i to do 3 l/min, da bi injekciona masa mogla dovoljno duboko prodrijeti u tlo. Dosadašnja opažanja pokazuju, da je ovim dopunskim injekcionim radovima postignut zadovoljavajući uspjeh: pritok u drenažni tunel smanjen je na 7 l/s, što je svega neznatni dio onoga prethodnog.

Interesantno je napomenuti, da su prve studije za izgradnju ove akumulacije stare oko 40 godina. U ono vrijeme odustalo se od projekta. Tek 1954. nastavljena su ispitivanja i obavljena seizmička, geolektrična i direktna sondiranja, koja su razjasnila geološku situaciju. Od 1957 — 1959. godine obavljena su pokusna injektiranja, i izrađen je projekat. 1960. započeta je injekciona zavjesa, a 1961. i sama brana. U 1962. godini rađen je iskop brane; nasipavanje u većem razmjeru započeto je 1963. godine. U 1964. postignuti su, zahvaljujući vrlo povoljnim vremenskim prilikama, rekordni rezultati nasipavanja, s dnevnim učincima i preko 30.000 m^3. Dovršenje brane predviđa se 1966. godine.

Glavne količine radova su ove: ukupna količina nasipa 10,30, jezgra 3,43, potporno tijelo 5,76, filter 0,61, drenaže 0,50, i iskop 1,80 miliona m^3.

Postignuti rezultati izvođenja su ovi: 1962 — 0,61, 1963 — 2,11, 1964 — 3,50, i planirano za 1965/66 — 4,08 miliona m^3.

3. Prethodni i glavni pokusi

Redovito se projekat jedne nasute brane provodi na temelju laboratorijskih pokusa, koji se silom prilika izvode u srazmjerno malom mjerilu. Treba biti oprezan jer se često ovakva ispitivanja obavljaju malim aparatima. Ovo je još prihvatljivo za ispitivanje glinastih i ilovačastih materijala. Kod svih zrnčanih materijala se preporuča izvedba pokusa (Proctor, Oedometer, triaksialno smicanje) u aparatima koji omogućuju primjenu zrna veličine 1/3 do 1/2 onog maksimalnog koji se ugrađuje. Za branu Mattmark obavljani su ovi pokusi aparatima presjeka 50 cm^2 i 500 cm^2. Kontrolirano je u toku građenja u velikom triaksialnom aparatu promjera 60 cm (3000 cm^2 presjeka). Kod toga se nastojalo pokusom postići takav stupanj sabijenosti materijala, kakav je stvarno po-

stizavan pri nasipavanju. Utjecaj veličine aparata kojim se ispituje, vidljiv je iz ovih podataka:

	Tangens kuta smicanja		Kohezija kg/cm²		Zapreminska težina t/m³	
Presjek aparata cm²	50	3000	50	3000	50	3000
Maksimalno zrno mm	10	70	10	70	10	70
Vrijednost za jezgru	0,84	0,92	0,9	0,2	2,33	2,44
Vrijednost za filter	0,84	0,80	0,6	0,8	2,09	2,18

Kao posljednji, pred početak građenja sistematski su obavljeni glavni pokusi za svaku zonu. Pokusi su obavljeni nasipavanjem predviđenom mehanizacijom za transport i razastiranje; tako je omogućeno da se odredi debljina slojeva nasipavanja, optimalni sadržaj vlage i najpovoljnije metode sabijanja. U ovim pokusnim poljima dobiveni su upravo za zapreminsku težinu i propusnost znatno sigurniji rezultati od onih u laboratoriju.

J e z g r a — pokazalo se, da je lakše postići potrebnu sabijenost a teže potrebnu gustoću tj. vrijednost K ispod 10^{-5} cm/s. Da bi se postigla i ova, trebalo je izbjeći segregaciju morenskog materijala, ograničiti visinu nasipavanja na 40 cm, a maksimalnog zrna nasipnog materijala na ∅ 150 mm. Najbolje sabijanje postignuto je valjcima s gumenim točkovima, težine 80 t, već kod dva prolaza. Optimalni sadržaj vlage utvrđen je s 3,5%, zapreminska težina iznosila je do 2,5 t/m³, što odgovara volumenu pora od 17%. Kod samog izvođenja pokazalo se potrebnim razastirati u dva sloja od po 17 cm, da bi se smanjila mogućnost nastajanja šljunčanih gnijezda. Ujedno je udio zrna ∅ 100 — 150 m smanjen na svega nekoliko postotaka.

P o t p o r n o t i j e l o — izrađuje se od istog morenskog materijala kao jezgra, ali s tim, da je maks. zrno do ∅ 800 mm. To omogućuje nasipavanje u slojevima od 1,50 m. Bez naročitog sabijanja tj. samo djelovanjem mehanizacije za transport i razastiranje nasipnog materijala, postignuta je zapreminska težina od 2,4 t/m³ i volumen pora od svega 20%; količina vlage nije od naročitog utjecaja. Prirodna vlažnost ovog morenskog materijala je takva, da omogućuje njegovu ugradnju i kod kišnog vremena (sl. 3).

F i l t e r — izgrađuje se od aluvijskog materijala, dobivenog iz pozajmišta uzvodno od brane. Bez posebnog sabijanja, u slojevima od 40 cm postignuta zapreminska težina od 2,27 t/m³, i propusnost oko 10^{-3} cm/s, kod prirodne vlažnosti od 1,5% (sl. 4).

D r e n a ž e — izrađuju se od istog materijala kao i filteri, ali uz eliminaciju frakcija ispod ∅ 3 mm, tako da se postizava oko 100 puta veća propusnost negoli kod filterskih slojeva. Sitne frakcije se uklanjalo mokrim postupkom, ali je time ipak uklonjeno samo 88% ovih čestica (sl. 5). Bez naročitog sabijanja, postignuta je zapreminska težina od 2,09 t/m³, i volumen pora 26%.

Ovi glavni pokusi kod ove brane nisu doveli do nekih neugodnih iznenađenja, stoga što su prethodna ispitivanja bila na srazmjerno velikim aparatima.



Sl. 3: Nasipavanje potpornog tijela



Sl. 4: Bagerovanje materijala za prijelazne zone

4. Kontrola ugradnje

Pouzdane kontrole za vrijeme građenja, koje već počinju kod glavnih pokusa, skopčane su sa znatnim troškovima. Međutim, bolje je imati manji broj takvih kontrola, negoli veći broj jeftinih i nepouzdanih.

Kao naročiti primjer raznolikih metoda ispitivanja služi primjerak kontrole zapreminske težine. Za ovo danas imamo tri načina, i to:

1. Najobičnija metoda sastoji se u iskopu i premjeru jedne jame uz kasnije vaganje iskopanog materijala. Pokazalo se, da kod materijala maks. zrna ∅ 200 mm ova jama mora imati barem 6 m³. Kod toga se greška rezultata kreće oko 1%. Srazmjerno manje pokusne jame daju za rezultat veće vrijednosti zapreminske težine.
2. Nešto dotjerana primjena prethodnog postupka je da se materijal koji se ugrađuje u odgovarajućoj zoni nasipa nalazi u jednoj vreći od plastičnog materijala ili mreže; nakon što je taj dio pokriven nasipom visine nekoliko metara, otkopava se i mjeri (utvrđivanje zapreminske težine). Ova metoda nije primjenjena kod ove brane. Prednost joj



Sl. 5: Priprema materijala za drenaže



Sl. 6: Ispitivanje propusnosti jezgre u probnoj jami

je da se ispituje zona, koja je bila srazmjerno duboko u tijelu brane. Izvjesne teškoće nastaju u tome, da se pronađe ova vreća s materijalom.

3. Metoda koja se temelji na apsorpciji γ-zraka u tlu, je nuklearna metoda i temelji se na pojavi, da se apsorpcija γ-zraka u tlu povećava s njegovom sabijenošću. Nasip se izlaže zračenju, bilo s površinske strane ili iz jedne bušotine; Geigerovim brojačem mjeri se količina odbijenih čestica, kojih broj opada s povećanjem zapreminske težine.

U Mattmarku se radilo površinskim aparatom, kojim se ispituje zona dubine oko 20 cm, i koji prema tome daje rezultate samo za površinski sloj. Naravno, ovakva se ispitivanja mogu provesti vrlo brzo, što se ne može tvrditi za iskop pokusnih jama od 6 m³.

Ipak se metoda iskopa pokusnih jama pokazala kod ove brane najpouzdanijom. Po jedan takav pokus izveden je na svakih 50.000 m³ jezgre, 20.000 m³ filtera i 25.000 m³ drenaže. Iste pokusne jame upotrebljene su također za ispitivanje propusnosti jezgre i filtera, i to tako, da su napunjene vodom i utvrđeni gubici (sl. 6).

Sadržaj vlage svake probe ustanovljen je, usprkos svih najnovijih postupaka, ipak klasičnim sušenjem uzoraka u peći, uz ustanovljenje smanjenja težine. Nuklearni postupak, koji se temelji na apsorpciji α-zraka, pokazao se nepodesnim u Mattmarku.

5. Usporedba rezultata i računa stabiliteta

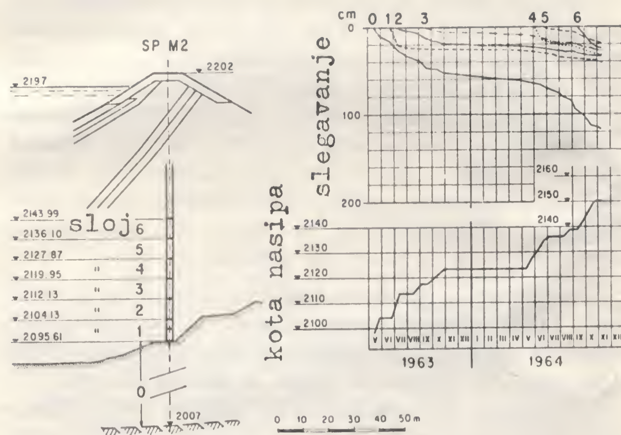
Naknadne kontrole posmičnih čvrstoća i pornih napona pojedinih materijala nasipa, kao i temeljnog tla, omogućile su pouzdani ponovni proračun kliznih ploha i sigurnosti brane. Na vodnoj strani iznosio je koeficijent sigurnosti kod brzog spuštanja nivoa vode 1,33 bez potresa, i 1,03 s potresom, na zračnoj strani 1,29 s potresom. Srazmjerno niski koeficijent sigurnosti od 1,03 nastaje kod kombinacije neobično rijetkih pojava tj. brzog sniženja vodostaja s potresom veličine 0,1 g; u takvom slučaju će, međutim, akumulacija biti gotovo prazna, tako da oštećenjem brane ne bi mogla nastati katastrofa.

Rezultati ispitivanja bili su ovi (vidi tabelu na str. 243).

Vidimo da su povoljni rezultati kontrola za vrijeme građenja. Oni daju nešto povoljnije konstante materijala nego što je to bilo pretpostavljeno kod izrade projekta, i to (vrijednosti u zagradi su pretpostavljene projektom):

	Jezgra	Filter	Drenaža	Potporno tijelo
Kut smicanja	(0,88)	(0,83)	(0,83)	(0,90)
	0,92	0,80	0,80	0,92
Kohezija kg/cm²	(0,15)	(0,55)	(0,55)	(0,00)
	0,20	0,80	0,77	0,20
Koeficijent tlaka perne vode	(5)	(0)	(0)	(0)
	2	0	0	0
Zapreminska težina t/m³	(2,40)	(2,14)	(1,97)	(2,27)
	2,49	2,26	2,02	2,44
Specifična težina t/m³	(2,99)	(2,82)	(2,82)	(2,99)
	2,99	2,82	2,82	2,99

Zapreminska težina t/m³	Jezgra 1963	Jezgra 1964	Potporno tijelo 1963	Potporno tijelo 1964	Filter 1963	Filter 1964
γ_{min}	2,30	2,39	—	—	2,14	2,28
γ_{sred}	2,47	2,50	2,48	2,30	2,21	2,32
γ_{maks}	2,59	2,61	—	—	2,30	2,41
Računska vrijednost	2,40	2,40	2,27	2,27	2,20	2,20
Propusnost K u cm/s						
K_{min}	$0,10 \cdot 10^{-5}$	$0,16 \cdot 10^{-5}$			$0,72 \cdot 10^{-3}$	
K_{sred}	$1,80 \cdot 10^{-5}$	$0,80 \cdot 10^{-5}$			$2,46 \cdot 10^{-3}$	$3,28 \cdot 10^{-4}$
K_{maks}	$9,90 \cdot 10^{-5}$	$1,50 \cdot 10^{-5}$			$5,00 \cdot 10^{-3}$	
Računska vrijednost	$2,00 \cdot 10^{-5}$	$2,00 \cdot 10^{-5}$			$1,00 \cdot 10^{-3}$	$1,00 \cdot 10^{-3}$
Prirodna vlažnost W u % 0 — 30 mm						
W_{min}	2,53	2,59			1,40	1,70
W_{sred}	4,95	4,95	3,10		3,22	3,35
W_{maks}	8,55	11,30			6,04	8,10
Računska vrijednost	4—5% maks 6	5±1%			maks 3,0	maks 5,0



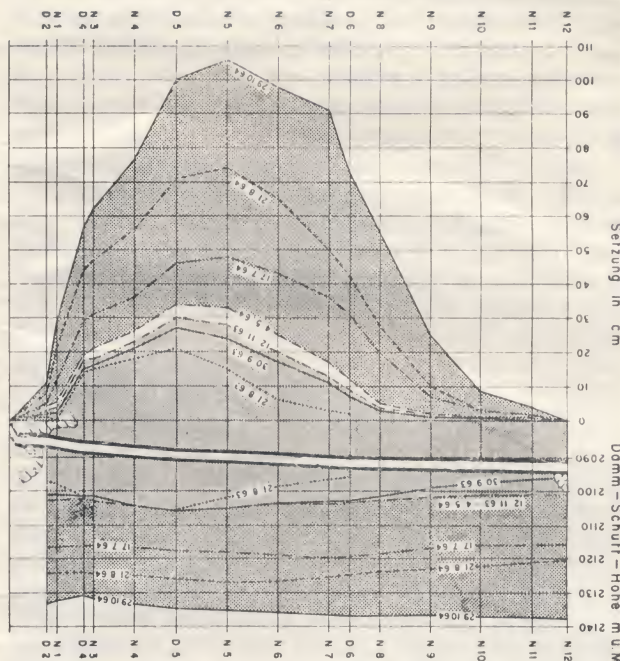
Sl. 7: Slijeganje u sredini brane

6. Uređaji za oskultaciju brane i rezultati

Od početka građenja brane obavljana je njena oskultacija, pomoću ovih uređaja: 100 kom uređaja za mjerenje pornog tlaka sistema Huggenberger/Bureau of Reclamation, koji pomoću 2 cijevi prenose direktni vodni pritisak; 10 kom uređaja za mjerenje pornog tlaka sistema Marhak, s električnim prijenosom mjerenih vrijednosti; 8 kom bušotina (bunara) obloženih plastičnim cijevima, za opažanje slijegavanja, pomoću električne sonde; doze za mjerenje pritiska zemlje, sistema Huggenberger/Heierli; i geodetske tačke na pokosima brane i u drenažnom tunelu, i u stijeni.

Rezultati opažanja pornog tlaka bili su vrlo povoljni. Nastajali su samo mali vodni pritisci koji odgovaraju nivou podzemne vode. Svi instrumenti, osim samo jednoga, funkcionirali su u redu.

Nastala slijeganja nasipa u toku građenja dobro ilustriraju rezultati prikazani u sl. 7, koji se odnose na slijeganje tačke u osi i sredini brane. Ukupno slijegavanje 48 m visokog nasipa iznosilo je kroz 2 godine građenja 174 cm ili 3,6%, a ono 89 m debelog aluvijalnog i morenskog nadsloja, u temeljima 117 cm ili 1,3%. Slijeganja pojedinih slojeva nasipavanja brane kretala su se od 2,3% do maks. 4,9%.



Sl. 8: Slijeganje drenažnog tunela

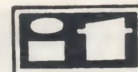
Interesantnu sliku o temeljnom tlu daje dijagram opažanih slijeganja drenažnog tunela (sl. 8). Linija ovih slijeganja slična je toku površine temeljne stijene, što dovodi do zaključka da se temeljno tlo sliježe jednolično tj. ima konstantni modul deformacije.

7. Zaključne napomene

Nasutoj brani Mattmark daju neke njene karakteristike pečat nesvakidašnje građevine. Ovo se u prvom redu odnosi na njeno temeljenje na aluvijalnom tlu. Značajna je također upotreba prirodnog morenskog materijala za jezgru, bez ikakvog oplemenjivanja glinom ili sl. Interesantan je način sabijanja nasipa. Odlično prethodno sabijanje postizava se već samim djelovanjem građevinske mehanizacije, koja radi na transportu i razastiranju nasipnog materijala.

V. J.

Iz Saveza građevnih inženjera i tehničara Hrvatske



UČVRŠĆENJE I PROŠIRENJE ORGANIZACIJA INŽENJERA I TEHNIČARA, TE GLAVNI SMJEROVI NAŠE DALJNJE AKTIVNOSTI

Referat Ing. BORISA BAKRAČA, Predsjednika Saveza inženjera i tehničara Hrvatske na Plenumu SIT Hrvatske 5. aprila 1965. god. u Zagrebu

Drugarice i drugovi!

Od naše protekle skupštine prošla je skoro godina dana. Teško bi bilo dati neku iscrpnu analizu rada naših organizacija, jer i nemamo uspostavljenu redovitu izvještajnu službu. No znamo ipak da su sve one radile prema svojim mogućnostima i specifičnim uslovima, neke sa više neke sa manje uspjeha. Zajedničko svima bila je priprema za Kongres u Skoplju, izrada programa rada kao obrazloženja budžeta, te održavanje godišnjih skupština. Može se, međutim, reći da su sve one radile uglavnom u okviru starih organizacionih formi i ustaljenih shvaćanja, jednom riječju da su postojale i radile, a pitanje je koliko organizirano i sa kojim efektom. Uzroka tome bilo je i u faktorima van nas, ali još više u nama samima.

Takova, otprilike, naša ocjena i dovela je do zaključka da bi ovaj plenum kao osnovno trebalo da pretresa pitanje organizacije, te nadalje takvog stila i metoda rada koji će se najažurnije moći prilagoditi svim aktuelnim pitanjima našeg ekonomskog i društvenog kretanja. Ne bi trebalo da na ovom plenumu izmišljamo neke nove originalne teme. Smatramo, naprotiv. da već u postojećim materijalima Kongresa, pa i drugim, ima dovoljno jasno definiranih zadataka i ciljeva, kao i smjernica kako bi ih organizacije trebalo da sprovode. U tom smislu mislim da je osnovno da sve naše organizacije solidno prouče izvještaj predsjednika SITJ, te Rezoluciju Kongresa u Skoplju i da odatle, prema svojim specifičnim uslovima i aktuelnim problemima svoje regije, sastave program svog rada, svojih akcija, svoje djelatnosti. Iz ta dva materijala želio bih da podertam one osnovne teze koje u neku ruku predstavljaju danas na našem savjetovanju osnovni aspekt prilaženja problemu bolje organiziranosti, definiranju zadataka i odabiranju stila i metoda rada. U Rezoluciji se kaže, otprilike, da individualno angažiranje pojedinaca ne bi smjelo da zamjeni društvenu aktivnost i odgovornost organizacije SIT. Nadalje, da organizacije svojom aktivnošću u razmatranju i rješavanju aktuelnih problema treba da stiču ugled i povjerenje odgovarajućih foruma, da bi mogle postati njihov stalan saradnik i pouzdan oslonac u tehničkim i privrednim pitanjima. I, konačno, da one treba da pokažu više inicijative i aktivnosti na svojoj teritoriji i da iznalaze pogodan i privlačan sadržaj i forme rada podešene prema lokalnim specifičnostima, potrebama i interesovanju članstva.

Iz tih par navedenih konstatacija mislim da se dovoljno jasno vidi koju problematiku i sa kojih aspekata bi mi na našem današnjem savjetovanju trebalo da pretresemo. Ta problematika stalno je aktuelna i našla je svoj izraz i u Tezama za V kongres SKH gdje se o tom kaže slijedeće:

»Sastavni dio usavršavanja sistema i jačanja uloge neposrednih proizvođača jest i usavršavanje organizacije, unutrašnje raspodjele i samoupravljanja u radnim organizacijama. U tome nam je potrebna snažnija orijentacija, napor i rad svih društvenih snaga. To se odnosi i na stvaranje uvjeta za stimuliranje tehničkog napretka i optimalno korištenje intelektualnog potencijala. Značajan doprinos tome mogu dati različita stručna udruženja inženjera i tehničara, ekonomista i drugih, kojima se komune i drugi faktori dosad nisu dovoljno koristili za provjeru raznih tehničkih i drugih zahvata. Koncentracija kadrova u stručnim udruženjima daje mogućnost organiziranog korištenja onog viška stručnog i naučnog potencijala koji nije potpuno došao do izražaja na radnom mjestu«

Mislim da se iz navedenog dovoljno jasno vidi ogromni interes društva za rad naših organizacija i pomoć koju odatle može da dobije, ali se isto tako vidi da je i u interesu inženjera i tehničara da rade u svojim organizacijama, jer time najorganiziranije mogu da dadu svoj maksimalni tehnički doprinos društvu, jer time mogu i sami da se najbrže razvijaju u tehničkom i naučnom smislu. Posmatrajući stvari tako, naprosto je neshvatljivo da skoro 50% inženjera i tehničara može da bude van organizacija SITH.

Na teritoriju Hrvatske naša organizacija broji samo oko 13.900 članova, organiziranih u 12 republičkih stručnih saveza i 136 općinskih stručnih organizacija, odnosno u 7 kotarskih općih društava, 22 općinska opća društva i 7 aktiva. To je sigurno nedovoljna i preslaba mreža organizacija, s obzirom na mogućnosti u našoj republici, gdje se računa da ima oko 23.000 inženjera i tehničara.

Mi smo pokušali da putem izvještaja sa terena analiziramo uzroke takvog stanja i mogli bismo skoro sve organizacije da svrstamo u dvije grupe. Jedne koje nemaju prostorija za rad i koje se tuže da su im članovi neaktivni u organizaciji. Navode kao uzrok da su im članovi zaposleni u vanredovnom radu, da je dosta njih angažirano i u ostalim organima komune i, konačno, da nemaju sa faktorima komune naročito veze niti razumijevanja. Drugi izjavljuju da stoje u dobrim odnosima sa faktorima komune i kod takvih organizacija su, u pravilu, svi gornji problemi rješeni i aktivnost organizacije je značajna.

Mislim da se iz tih izvještaja jasno vidi da je greška obostrana i da inicijativa za međusobnu suradnju i razumijevanje treba da pođe od oba partnera. Što se tiče komuna i ostalih faktora na pojedinim regijama, one praktički, kroz Teze za Kongres, dobivaju direktivu da bolje koriste taj tehnički i naučni potencijal koncentriran u našim organizacijama. I sa te strane možemo sa puno povjerenja očekivati da će u tom pogledu nastupiti značajna prekretnica. Ne bi se, međutim, smjelo dogoditi da se u toj novoj situaciji naše organizacije pokažu nespremne, nedovoljno orga-

nizirane, neaktivne, jednom riječi — u situaciji da ne mogu opravdati to povjerenje.

Iz toga slijedi konkretan, neodložan zadatak: obuhvatiti sve inženjere i tehničare naše organizacije, stvarati nove organizacije raznih elastičnih formi svagdje gdje postoje jače koncentracije tehničkog kadra. To je tema koju bi danas kao osnovnu trebalo da pretresemo i da je preuzmemo kao naš primarni zadatak. Momentano nema važnijeg zadatka, jer nema smisla nastaviti rad tako da se jedan manji broj aktivnih članova razapinje po svim mogućim zadacima na sve strane, dok je većina neaktivna, i da se dobiva kriva slika o aktivnosti organizacija, a u stvari se, zapravo, radi o aktivnosti pojedinaca. Vjerujem da će naše organizacije imati otvorena vrata u sve institucije i organizacije gdje rade inženjeri i tehničari. Treba, zato, ići tamo na individualne razgovore sa kolegama i na uvjeravanja da inženjeri i tehničari mogu najuspješnije da rade na svom stručnom usavršavanju u organizacijama SIT. Oni treba da znaju da je to mjesto gdje mogu da iznesu neke svoje dileme, gdje mogu da provjere svoje stavove i da se konzultiraju sa kolegama, da je to mjesto gdje se u tehničkom i naučnom smislu može bolje izraziti i oblikovati tehnička misao, gdje ona može sa većim autoritetom i sa većom snagom djelovati preko organizacija nego preko pojedinaca koji, doduše, rade u raznim forumima, ali u pravilu vrlo heterogene strukture. Za ostvarenje toga cilja trebat će mnogo individualnog rada i mnogo vremena, ali sa svakim novim članom organizacija jača, a individualno opterećenje sada aktivnih pojedinaca postaje manje i podnošljivije. Ostati na sadašnjem stanju značilo bi ostati samo na aktivnosti rukovodstva, a to znači biti van vremena i prostora.

Pledirange za takve organizacije koje će obuhvatiti sve inženjere i tehničare, koje će ih znati angažirati na aktuelnim tehničkim, znanstvenim problemima, ne znači pledirati za nekakvo staleško udruženje i ne bi to trebalo tako shvatiti. Bit će i dalje potrebno i neophodno da inženjeri i tehničari još više i još aktivnije rade u svim organima našeg društvenog i radničkog upravljanja, jer će tu biti uvijek u centru naših ekonomskih i društvenih kretanja, odatle će moći da crpu teme i zadatke koje bi onda sa tehničkog i naučnog aspekta mogli puno detaljnije da analiziraju u svojoj organizaciji.

Uključivanjem što većeg broja inženjera i tehničara u organizacije SIT ne bi se automatski postiglo jačanje tih organizacija niti stvorili uslovi za efikasan rad, ukoliko se istovremeno ne priđe i radikalnoj reviziji naših unutrašnjih organizacionih formi. Analiza naših pojedinih stručnih saveza pokazuje da u nekima od njih postoji niz odbora, komisija koje su svojevremeno bile formirane u cilju proučavanja nekih aktuelnih zadataka, međutim, koje su po zakonu inercije ostale i dalje, premda su se uslovi i aktuelnost tema odavno već promijenili.

Brza i dinamična kretanja naše ekonomike, niz sistematskih promjena koje baš u ovom periodu vrlo intenzivno sprovodimo, osnovni zadaci koje treba rješavati u cilju stabilizacije privrede, sve to traži da i našu unutrašnju organizaciju podesimo tako da može brzo, sa tehničke i naučne strane, da reagira na sva aktuelna ekonomska i društvena zbivanja. Naše organizacije, po mom mišljenju, ne bi trebalo toliko kao dosada da se bave dugotrajnim i stalnim izučavanjem nekih tehničkih i naučnih problema, jer se takvim stvarima, zapravo, treba da bave pojedine privredne organizacije, instituti i naučne ustanove. One, međutim, ne treba to područje sasma da napuste, one i dalje treba da budu prethodnica tehničkog i naučnog razvitka, ali bi bilo dovoljno da u tom smislu pokreću i iniciraju stvari i da traže od određenih organa da se pristupi izučavanju tih problema, no same ne bi trebalo da preuzmu ulogu instituta. One treba da ostanu slobodne, sposobne za brzo reagiranje, dovoljno elastične da formiraju — ad hoc — grupe ili komisije koje, već prema danim prilikama, mogu da dadu komentar, upozorenje, inicijativu, pa čak i razrađen prijedlog. U tom smislu mislim da kao drugi zadatak treba podvrći analizi i reviziji naše postojeće organizacione forme.

Statut usvojen na Kongresu u Skoplju dao je punu slobodu odabiranja organizacionih formi prema specifičnim uslovima određene regije. I to je pravilno. Mislim, jedino, da u našim prilikama na manjim regijama treba veći akcenat dati općim društvima unutar kojih mogu da postoje stručne sekcije. Mislim da je dosad previše dominirala vertikalna stručna linija, a manje povezujuća, teritorijalna. Ako, međutim, želimo da sa našim prirodnim partnerima, a to su komune i njezini organi (komora, sindikat, Socijalistički savez) što organiziranije surađujemo, potrebno je da sve te sitne stručne jedinke povežemo u jednu organizacionu cjelinu. Ne misli se time na prigušivanje stručnosti, već na organizirano povezivanje svih onih zajedničkih mogućnosti i interesa koje sve struke imaju kao zajedničke i koje najlakše i najefikasnije mogu rješavati kroz opće društvo.

Ovo je potrebno i zbog toga što je i komuna sa svim svojim faktorima ipak jedna jedinstvena cjelina. U komuni se danas ukrštavaju i konfrontiraju svi mogući vertikalni uplivi pojedinih oblasti; ona ih stalno mora da povezuje u jednu harmoničnu cjelinu i da dalje nastupa jedinstveno. Komuna danas odražava svu kompleksnost naših ekonomskih i društvenih kretanja, kroz nju se najbolje može sagledati stvarni život, onakav kakav on jeste. Sigurno da je naša dužnost da komuni olakšamo kontakt sa našim raznovrsnim tehničkim potencijalom i mogućnostima, na način da može da saobraća sa jednim predstavnikom a ne sa mnogo njih. Naše unutrašnje specijalizirane stručne snage treba povezati u harmoničnu cjelinu i spram van tako i nastupati.

Među organizacione probleme spada i bolja povezanost stručnih saveza međusobno. Više puta smo mogli uočiti da su pojedini stručni savezi, izolirani jedan od drugoga, zapravo radili na istim temama. I to je jedan od argumenata za stvaranje općeg društva kao povezujuće, zajedničke, koordinirajuće platforme.

Savez inženjera i tehničara naročito bi trebalo da bude dobro povezan sa Društvom ekonomista, jer svako tehničko rješenje treba da bude provjereno i kroz naše ekonomske mogućnosti. Niz tehničkih zahvata treba da bude sagledan i sa regionalnih aspekata. A

naročito je važno da se naše organizacije što više orijentiraju i na istovremeno proučavanje i društvenih kretanja, jer ne može se niti jedno tehničko ni naučno rješenje posmatrati izolirano od društvenih snaga.

Naš Savez bi naročito tijesno trebalo da bude vezan sa Privrednom komorom, i to stoga jer se tehnička i naučna analiza logički nadovezuje na razne privredne analize i organizacione probleme koji su glavna tema raznih stručnih savjeta u Privrednoj komori. Stručna organizacija SIT može i treba da bude logičan nastavak tog rada, da kažem desna ruka, u tehničkom i naučnom pogledu određenih stručnih savjeta Privredne komore. Otuda proističe i zaključak da bi i programi rada stručnih organizacija SIT trebalo da budu u logičnoj uslovljenosti sa programima rada stručnih savjeta Komore i da jedni na druge mogu i treba da uplivišu. To bi onda bili stvarno koordinirani aktuelni programi za koje društvo ima interesa i za koje može da stvori sredstva za sprovođenje.

Među organizaciona pitanja spada i tijesna veza sa sindikatom, jer ni jedno tehničko rješenje ne bi smjelo da iziđe iz naših organizacija, a da ne bude istovremeno obrađen u njemu i udio ljudskog faktora. U uslovima nedovoljnih materijalnih sredstava, ljudski faktor igra presudnu ulogu, a pogotovu kod nas gdje je on kroz organe samoupravljanja postavljen stvarno u ulogu proizvođača i upravljača. U analizi tehničke i naučne problematike nećemo više smjeti smatrati ni jedno rješenje kompletnim ukoliko nije isto tako detaljno i minuciozno razrađena i uloga neposrednog proizvođača u tom tehničkom rješenju. Taj proizvođač, taj ljudski faktor, to je snaga koja jedino može da iznese svaki naš tehnički zahvat.

Dobra suradnja treba da postoji i sa organizacijom Narodne tehnike, jer bi jedna od značajnih aktivnosti naših organizacija trebalo da bude i briga za širenje tehničke kulture i tehničkog obrazovanja, naročito u gradovima i industrijskim centrima. U tom smislu mnogo bi mogla da doprinesu i razna popularna izdanja preko Tehničke knjige. Napredak tehnike i nauke ne može se zamisliti bez ubrzanog tehničkog obrazovanja čitavog društva i s te strane u interesu je naših organizacija da što više surađuju na tom području preko svih mogućih formi koje postoje i koje se mogu iznaći. Napredak tehnike i nauke samo u krugu tehničke inteligencije, a zaostajanje društva u tehničkom obrazovanju, značilo bi samo povećavanje distance koju inženjeri i tehničari već danas osjećaju. Razumljiva i logična težnja inženjera i tehničara da dobiju u ruke što više suvremenih sredstava proizvodnje, treba da bude praćena neminovnom nužnošću da se u isto vrijeme, što više — i znatno prije — mora stavarati i obrazovati i što suvremeniji proizvođač.

Stručni časopisi i novine mogu da postanu dio stila rada i značajna organizacijska veza. Danas skoro nema stručnog saveza koji ne izdaje svoj stručni časopis. Neki imaju vrlo visoku stručnu reputaciju neki nemaju, neki značajan broj pretplatnika, neki manji. Nismo dosad solidno izučili pitanje nije li ih previše, ne bi li neke od njih trebalo povezati sa srodnim i to pitanje treba dalje izučavati. Isto tako treba izučavati sadržaj i fizionomiju tih časopisa i eliminirati krajnosti — previše stručne i previše popularne. Sasma popularna izdanja, kao vrlo potrebna, trebalo bi ipak da budu posebni prilozi. No što je tu naročito važno, ti časopisi mogli bi da budu ono povezujuće savremenije sredstvo koje preko svoje, da tako kažem, stručne ideologije povezuje sve inženjere i tehničare iste struke u jednu stručnu organizaciju. Oni mogu svojim aktuelnim stručnim i društvenim temama da budu prvorazredan mobilizator našeg članstva da se i »fizički« čvršće veže uz svoje saveze.

Što se tiče »IT novina«, one bi trebalo da upoznavaju u kratkim crtama sve naše članove sa aktuelnim zbivanjima u našim organizacijama, da budu neke vrsti registar događaja i najava potrebnih akcija.

Druga tema našeg današnjeg savjetovanja jeste: na kome programu rada treba naše organizacije da se aktiviraju. Htio bih da podsjetim kao i po prvoj — organizacionoj temi — da su Rezolucija Savezne skupštine i VIII kongres SKJ dali dovoljno materijala i smjernica. Te materijale treba stalno izučavati, ali ne kao dogme ili filozofske istine, već primijenjeno na konkretne prilike regije. Republički stručni savezi sigurno moraju da odrede drukčije parametre svog djelovanja od onih u kotaru ili općini. Ono što je za republičke saveze Rezolucija Savezne skupštine, ili zaključci VIII kongresa SKJ, to su za općinsko ili kotarsko društvo društveni plan i sva privredna i društvena kretanja određene regije. Zajednički jednim i drugima treba da su aspekti prilaženja i norme ponašanja i djelovanja. Zajedničko svima jeste iznalaženje načina kako što optimalnije provoditi sve promjene našeg privrednog sistema, kako postizavati efikasnost i rentabilnost poslovanja, kako povećavati produktivnost, eliminirati poslovanja u gubicima, dovoditi izvoz u zavisnost od proizvodnje, smanjivati uvoz, jednom riječi — kako što brže stabilizirati privredu. A u svemu tome, kao najznačajnije, razvijati forme samoupravljanja i unutarnje raspodjele. Svi ti značajni zadaci postavljaju i naše organizacije u sasma drukčije pozicije nego što je bio slučaj do sada.

Bilo bi nemoguće danas ovdje predvidjeti, pa i nakon diskusije, šta treba da rade naši republički stručni savezi, a šta organizacije na terenu. Specifična konkretna situacija, nakon pažljive analize, ukazat će sama po sebi svakoj organizaciji šta treba da radi. Analize i elaborati Sabora, Izvršnog vijeća, Privredne komore, Sindikata, te republičkih sekretarijata, dat će dovoljno materijala republičkim savezima IT, kao što će to teritorijalnim organizacijama dati materijali komune i njenih faktora. Za republičke saveze su, na primjer, aktuelne teme pitanje mehanizacije i automatizacije uredskog rada. To je sastavni dio proizvodnje koji je danas tehnički na vrlo niskom, »manuelnom« nivou koji je ozbiljna kočnica produktivnosti, brzom uočavanju poslovnih događaja i destimulacija rada po učinku. Aktuelna tema je, na primjer, stambena izgradnja za kategorije društva s niskim osobnim dohotkom i odraz takovih rješenja na normalnu urbanizaciju.

Aktuelna tema je, na primjer, — iz koje akumulacije i kako razvijati tercijalne uslužne djelatnosti.

Aktuelna tema je, na primjer, — koja su to modificirana tehnička rješenja koja bi nerazvijenim područjima stvorila potrebne uslove za daljnji razvoj. Itd.

Na nižim nivoima aktivnost naših organizacija treba da bude ispoljena u programima rješavanja specifičnih prilika određene regije. Negdje je to komasacija, negdje je to provjeravanje organizacije i tehnologije određene privredne organizacije, negdje su to seminari i kursevi za podizanje tehničke izobrazbe radnika itd. No o tom će drugovi sa terena u diskusiji moći više da kažu.

Jedno je osnovno kod svih naših izučavanja i tehničkih zahvata, da bi puno više nego do sada uz tehničko rješenje morali da sagledavamo društveni aspekt određenog problema i sve zadatke koji iz toga proističu. Često i najbolje tehničko rješenje, bez određene društvene analize, bez stvaranja određene atmosfere za prihvat, može da padne u vodu. Taj momenat mi smo dosad u našem radu podcjenili i smatrali smo da je sa razrađenim tehničkim rješenjem naša uloga završena. Inženjer i tehničar koji se u svom radu ne bude oslanjao na proizvodne snage i mogućnosti društva, postat će sve više kabinetski radnik. Stil rada naših članova treba da bude takav da stalno povezuju najviši domet tehničke i naučne misli sa proizvodnim mogućnostima, nivoom obrazovanja i materijalnim interesom svih proizvođača u jednu harmoničnu cjelinu.

U našem radu morat ćemo se više nego dosad orijentirati i na ekonomsku stranu rješenja. Dosad smo često davali tehnička rješenja, smatrajući da je uklapanje tih rješenja u okviru ekonomskih mogućnosti stvar nekih drugih faktora. Morat ćemo jače nego dosad izučavati ekonomske i društvene mogućnosti u koje želimo da ukomponiramo naša tehnička rješenja. A da bismo bili u toku tih zbivanja, morat ćemo više nego dosad da budemo aktivni u svim forumima našeg sistema samoupravljanja. Profil i fizionomija naših inženjera i tehničara treba da bude takav, da oni budu u stvari sve više društveno-politički radnici sa visokim nivoom tehničkog obrazovanja. Snaga i karakter ličnosti inženjera i tehničara treba da u praksi, kroz predan rad i u organima upravljanja i u stručnim organizacijama, poveže ta dva ekstremna područja u jednu optimalnu cjelinu, jer samo takav profil stručnjaka može da dade maksimalan doprinos razvoju našeg društva.

Drugarice i drugovi, molim vas, ukoliko se slažete sa ovakvim načinom pristupa ovim problemima, da u diskusiji pomognete, kako bi ovo savjetovanje moglo da zauzme konkretne stavove po pitanju daljnjeg rada naših organizacija i njihove bolje organiziranosti.

Bibliografija

O. A. SAVINOV: Suvremene konstrukcije temelja za strojeve i njihov proračun. Strojizdat — 1964. Moskva — Lenjingrad

Djelo je na 340 stranica formata A5 i podijeljeno je u dva dijela: 1. projektiranje i proračun masivnih temelja, te 2. projektiranje i proračun temelja kompliciranih konstrukcija. Dio I ima osam poglavlja, a dio II pet.

Poglavlje 1. počinje klasifikacijom strojeva i njihovih temelja.

U poglavlju 2. daju se osnove proračuna oscilacije masivnih temelja i ukazuje se na teškoće u osnovnom postavljanju problema, govori se o pretpostavkama Rauscha i Pavljuka i o nedostacima kao i o opravdanosti tih pretpostavaka. Dalje se izlažu osnove proračuna oscilacija masivnih temelja u rigoroznom obliku, a zatim se prelazi na približne postupke. Promatra se također i djelovanje kratkotrajnih sila na masivne temelje, nakon čega se prikazuju rezultati eksperimentalnog proučavanja oscilacija masivnih temelja

U poglavlju 3. izlažu se metode određivanja karakteristika temeljnog tla, koje ulaze u proračun oscilacija temelja. Tu se ispoljava želja ostati na Winklerovim pozicijama (zbog jednostavnosti postupka proračuna), ali se u znatnoj mjeri produbljuje određivanje koeficijenta posteljice uzimajući u obzir njegovu promjenljivost u zavisnosti od različitih faktora. Isto tako se dovoljno detaljno opisuje i određivanje drugih konstanata, i to kako na modelima, tako i pomoću analitičkih relacija, koje se baziraju na podacima ispitivanja modela.

Poglavlje 4. počinje pitanjem slijeganja tla od djelovanja dinamičkih opterećenja na temelje strojeva. S tim zajedno izlaže se i zgušćivanje tla pomoću djelovanja vibracija. Nakon toga opisuje se djelovanje vibracija na otpor tla posmiku i daju se praktični zaključci i preporuke.

U poglavlju 5. izlaže se izbor dimenzija i tipova masivnih temelja, daju se potrebne upute o izboru oblika i dubine temelja, te se raspravlja o utjecaju dubine temelja na frekvencije. Promatraju se i slučajevi, kad se temelj postavlja na nasipano tlo, promatra se također i mogućnost tipizacije temelja za strojeve.

U poglavlju 6. promatraju se temelji za pojedine tipove strojeva. Počinje se s horizontalnim kompresorom, za koji se navodi i jedan primjer proračuna. Iza tog se analiziraju drobilice, i to konusne i čeljusne, a zatim i mlinovi. O masivnim temeljima za turboagregate i druge strojeve s periodičkim djelovanjem govori se vrlo kratko s tim, da se o tome opširnije raspravlja u poglavlju o okvirnim temeljima. Dalje se raspravlja o montažnim temeljima za različite tipove strojeva, ali su okvirni montažni temelji obrađeni u posebnom poglavlju 11.

Poglavlje 7. ispunjeno je projektiranjem masivnih temelja za strojeve s neperiodičkim djelovanjem, tj. takve, kao što su generatori sa mogućim kratkim spojem, valjaonički stanovi i sl.

Temelji za strojeve s udarima analiziraju se u poglavlju 8. Analiza počinje s čekićima u industrijskim kovačnicama, daju se uputstva o izboru veličine teme-

lja i o njihovom proračunu, pri čemu se navode i neki podaci iz odgovarajućih propisa u SSSR. Opisuje se nekoliko tipova temelja za čekiće i daju se konstruktivni detalji i upute. Poglavlje se zaključuje promatranjem temelja na kojima se u čeličanama razbijaju defektni dijelovi, da bi mogli biti otpremljeni u peći za taljenje.

Poglavljem 9. počinje drugi dio djela, u kojem se izlaže projektiranje i proračun temelja kompliciranijih konstrukcija, uglavnome okvirnih. Najprije se izlažu svojstva betona u pogledu prigušivanja vibracija i naglašuje se promjenljivost njegovog modula E. Navode se primjeri ispitivanja okvira i komparacije teorijskih i eksperimentalnih rezultata. Nešto više pažnje je posvećeno prikazu istraživanja vibracija temelja za turboagregate. Navode se podaci ispitivanja i podaci teorijskih proračuna. Pored tih temelja promatraju se i temelji za motor-generatore, za koje se isto tako daju podaci eksperimenata i teorije. Poglavlje se završava zaključcima, koji se izvode iz kompariranja teorije i eksperimenata.

U poglavlju 10. izlaže se proračun okvirnih temelja, koji počinje općim postavljanjem problema, zatim se eliminiraju oni slučajevi, u kojima proračun nije potreban jer je isključena mogućnost nastajanja rezonancije ili su veličine mogućih amplituda tako male, da i sama pojava rezonancije ne ugrožava stabilnost temelja i stroja. Proračun okvirnog temelja (određivanje frekvencija i amplituda) dat je u gotovim formulama i naveden je numerički primjer. U nastavku se daju upute za proračun čvrstoće pojedinih elemenata okvirnih temelja za turboagregate i za strojeve drugih vrsta, kao što su drobilice, kompresori i sl. Posebno je izdvojeno određivanje amplituda horizontalnih vibracija okvirnih temelja prilikom prolaza stroja kroz područje rezonancije pri puštanju ili zaustavljanju stroja.

U poglavlju 11. izlaže se projektiranje okvirnih temelja, tj. navode se osnovna pravila, koja moraju biti ispunjena prilikom izbora dimenzija pojedinih elemenata temelja, pri čemu se osobito naglašuje nedopuštenost ekscentriteta i potreba simetrije u konstrukciji i rasporedu masa. Daju se također upute za smještaj temelja unutar zgrada, a zatim se analiziraju rasporedi masa između gornjeg i donjeg dijela temelja za različite slučajeve međusobnih odnosa frekvencije poremećajne sile i vlastitih frekvencija slobodnih vibracija temelja. Ukazuje se na neka pravila, kojih se treba pridržavati u pogledu postavljanja konstruktivne armature, koja se ne može odrediti proračunom. Veći dio ovog poglavlja ispunjen je izlaganjem osobitosti konstruiranja temelja od gotovih elemenata (montažni temelji). Navodi se nekoliko tipova konstruiranih temelja i ukazuje se na njihove dobre i slabe strane.

U 12. poglavlju izložena je vibroizolacija strojeva i drugih uređaja, koji su osjetljivi na potrese. Autor dijeli vibroizolaciju na aktivnu, kada se ona primijenjuje na srojeve s dinamičkim opterećenjem i na pasivnu vibroizolaciju, kada se ona primjenjuje za zaštitu osjetljivih strojeva i uređaja kojima potresi smetaju. Izlaganje se počinje s kratkim prikazom proračuna vibroizolatora (sistema sa 2 stepena slobode) i zatim sistema s jednim stepenom. Prikaz tih problema ima samo informativan karakter i ne može poslužiti za dublje studije; služi samo za grubo sravnivanje nekih dinamičkih veličina pri djelovanju vibroizolatora, i bez njega. Za detaljni proračun i konstrukciju vibroizolatora autor navodi odgovarajuću literaturu. Zatim se daju neke informacije o materijalima za vibroizolaciju, daju sheme za vibroizolacije i smjernice za projektiranje temelja s vibroizolacijom za temelje s dinamičkim opterećenjem, i to za strojeve s periodičkim silama i posebno za teške čekiće. Poglavlje se završava opisom projektiranja temelja sa vibroizolatorima za uređaje, koji su osjetljivi na vibracije.

Posljednje poglavlje, 13, govori o mjerama, koje se poduzimaju protiv vibracija. Kao uvod za poduzimanje takvih mjera izlaže se seizmološka slika zbivanja oko temelja, koji nose strojeve s dinamičkim opterećenjem. Navode se osnovni pojmovi iz teorije valnog gibanja u elastičnoj sredini i govori se o eksperimentalnom provjeravanju te teorije, koju su provodili pojedini autori, a uglavnom D. Barkan. Navode se i zaključci o utjecaju veličine temelja, dubine temelja i frekvencije radnih strojeva na veličine amplituda vibracija okolnog tla. U same aktivne mjere u borbi protiv štetnih vibracija autor u prvom redu ubraja ispravan smještaj i izbor stroja, kada se isti radni efekat može postići sa strojem niske i visoke frekvencije. Niske frekvencije mogu biti opasnije za okolinu u gusto naseljenim rajonima, jer se ne isključuje nastajanja rezonancije, a prigušenje je manjeg intenziteta. Na kraju se izlažu postupci za prigušenje vibracija temelja s neuravnoteženim strojevima. Glavni od postupaka je preuređenje temelja i primjena prigušivača.

Iz kratkog izlaganja sadržaja se vidi, da je autor obuhvatio široko područje pojave vibracije u vezi s radom dinamički neizbalansiranih strojeva i strojeva s dinamičkim procesom (čekići). U djelu se ne daju recepti (osim nekih izuzetaka), već se izlažu putevi analitičkog pristupanja rješavanju problema. Vrlo dobro je izložena veza problema vibracija s geomehaničkim elementima, koji ulaze u proračun takvih vibracija. Iako je u biti zadržana Winklerova teorija ona je u pogledu određivanja elastičnih svojstava podloge produbljena i obogaćena elementima više teorije, pa je tako jednostavnost proračuna spojena s ispravnošću izbora osnovnih veličina za sam proračun.

U relativno malom opsegu knjige autor je uspio dati vrlo mnogo, kako u teorijskoj razradi problema, tako i u davanju podataka za praktičnu upotrebu knjige. To je vrlo dragocjen prilog na području primjenjene dinamike.

Prof. Dr Ing. V. Andrejev



ŽELJEZARA SISAK

PROIZVODI NOVE TIPOVE SKELAŽE

— tip KSK

— tip VEZES

Za sve komercijalne i tehničke informacije obratite se na

ŽELJEZARA SISAK

Telefon 2122

Telex 02-158

ozeha F.V.

